



TESIS – ME142516

JUDUL: STUDI KELAYAKAN KONVERSI *DIESEL ENGINE* BERBAHAN BAKAR MINYAK MENJADI *DUAL FUEL DIESEL ENGINE* PADA KAPAL CONTAINER 368 TEU

OLEH :

M. RIZQI FITRA H

4113204003

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Eng. I MADE ARIANA, ST. MT.

Ir. AGUK ZUHDI M.F, M.Eng, Ph.D.

PROGRAM MAGISTER

TEKNIK SISTEM DAN PENGENDALIAN KELAUTAN

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI KELAUTAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2015



TESIS – ME142516

JUDUL: *Feasibility Study Fuel Oil Diesel Engine conversion to
Dual Fuel Diesel Engine on Container Ship 368 TEU*

By :

M. RIZQI FITRA H

4113204003

SUPERVISOR:

Dr. Eng. I MADE ARIANA, ST. MT.

Ir. AGUK ZUHDI M.F, M.Eng, Ph.D.

PROGRAM MAGISTER

TEKNIK SISTEM DAN PENGENDALIAN KELAUTAN

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI KELAUTAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2015

LEMBAR PENGESAHAN

TESIS

Judul Tesis : STUDI KELAYAKAN KONVERSI *DIESEL ENGINE* BERBAHAN
BAKAR MINYAK MENJADI *DUAL FUEL DIESEL ENGINE* PADA
KAPAL CONTAINER 368 TEU

Oleh : **M. RIZQI FITRA H**

NRP : **4113204003**

Telah Diujikan pada :

Hari / Tanggal : Senin / 26 Januari 2015

Periode Wisuda : Maret 2015

Untuk Mendapatkan Gelar Magister Teknik (MT) Pada
Program Pascasarjana Teknologi Kelautan – Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dosen Pembimbing

1. Dr. Eng. I Made Ariana, ST. MT.
NIP. 1971 0610 1995 12 1001
2. Ir. Aguk Zuhdi M.F, M.Eng, Ph.d.
NIP. 1956 0519 1986 10 1001

Dosen Penguji

1. Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng, D.Eng.
NIP. 1958 0807 1984 03 1001
2. Semin Sanuri, ST. MT, Ph.D
NIP. 1971 0110 1997 02 1001

Direktur Program Pascasarjana

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Prof. DR. Ir. Adi Soeprijanto, M.T.
NIP. 19640405 199002 1 001

STUDI KELAYAKAN KONVERSI *DIESEL ENGINE* BERBAHAN
BAKAR MINYAK MENJADI *DUAL FUEL DIESEL ENGINE* PADA
KAPAL *CONTAINER 368 TEU*

Nama mahasiswa : M.Rizqi Fitra H
NRP : 4113204003
Pembimbing : Dr. Eng. I Made Ariana, ST. MT.
Ir. Aguk Zuhdi M.F, M.Eng, Ph.D.

ABSTRAK

Bahan bakar yang digunakan untuk motor diesel di Kapal umumnya adalah HFO (Heavy Fuel Oil), atau Marine Diesel Oil (MDO). Gas buang yang dihasilkan seperti *carbon monoxide* (CO), *hidrocarbon* (HC), *carbon dioxides* (CO₂), *nitrogen oxides* (NO_x), partikulat matter (PM) dan *sulphur oxides* (SO_x) yang berdampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan. Salah satu cara untuk mengurangi emisi gas buang adalah dengan menggunakan metode dual fuel, dimana sangat cocok dalam memenuhi standar IMO Tier III untuk tahun 2016 (Jerzy H, 2013)

Merubah kapal dari single fuel menjadi dual fuel perlu dilihat dari segi teknis dan ekonomis. Studi kelayakan teknis dan ekonomis akan mengambil contoh pada kapal container 368 TEU. Diperoleh kesimpulan bahwa untuk pengaruh teknis konversi dual fuel adalah berkurangnya kapasitas muatan container kapal sebanyak 24 TEU, relokasi ruang untuk penempatan alat pendukung dual fuel, dan stabilitas kapal masih memenuhi standar IMO. Pengaruh ekonomis dari dual fuel adalah payback period dual fuel lebih lama (tahun ke 7) jika dibandingkan dengan payback period single fuel (tahun ke 6). Akan tetapi jumlah keuntungan untuk investasi selama 20 tahun lebih menguntungkan dual fuel jika dibandingkan single fuel, dimana untuk IRR dual fuel adalah 23,30% sedangkan untuk IRR single fuel adalah 22,49%.

Kata Kunci : Dual Fuel, LNG, IMO Tier III.

*Feasibility Study Fuel Oil Diesel Engine conversion to Dual Fuel Diesel Engine on
Container Ship 368 TEU*

Name : M.Rizqi Fitra H
NRP : 4113204003
Supervisors : Dr. Eng. I Made Ariana, ST. MT.
Ir. Aguk Zuhdi M.F, M.Eng, Ph.D.

ABSTRACT

In general ships are using HFO (Heavy Fuel Oil), or MDO (Marine Diesel Oil) as diesel engine fuel. Gas emissions from that fuel is carbon monoxide (CO), hidrocarbon (HC), carbon dioxides (CO₂), nitrogen oxides (NO_x), partikulat matter (PM), and sulphur oxides (SO_x), where give bad effect for health and environment. One of kind to reduce gas emissions is using dual fuel method, where comply with IMO Tier III standard 2016 (Jerzy H, 2013).

Modified ship from single fuel to dual fuel must be considered technical, and economical. Feasibility study technical and economical in this research is using container ship 368 TEU. The conclusion from this research is from technical dual fuel conversion is decreased container capacity 24 TEU, relocation room, and ship stability is still complying with IMO standard. Economical effect from dual fuel conversion is payback period dual fuel is more longer (years 7) than single fuel (years 6), however investation for 20 years is more profitable dual fuel than single fuel, where IRR for dual fuel is 23,3 % while IRR for single fuel is 22,49 %.

Keywords : Dual Fuel, LNG, IMO Tier III.

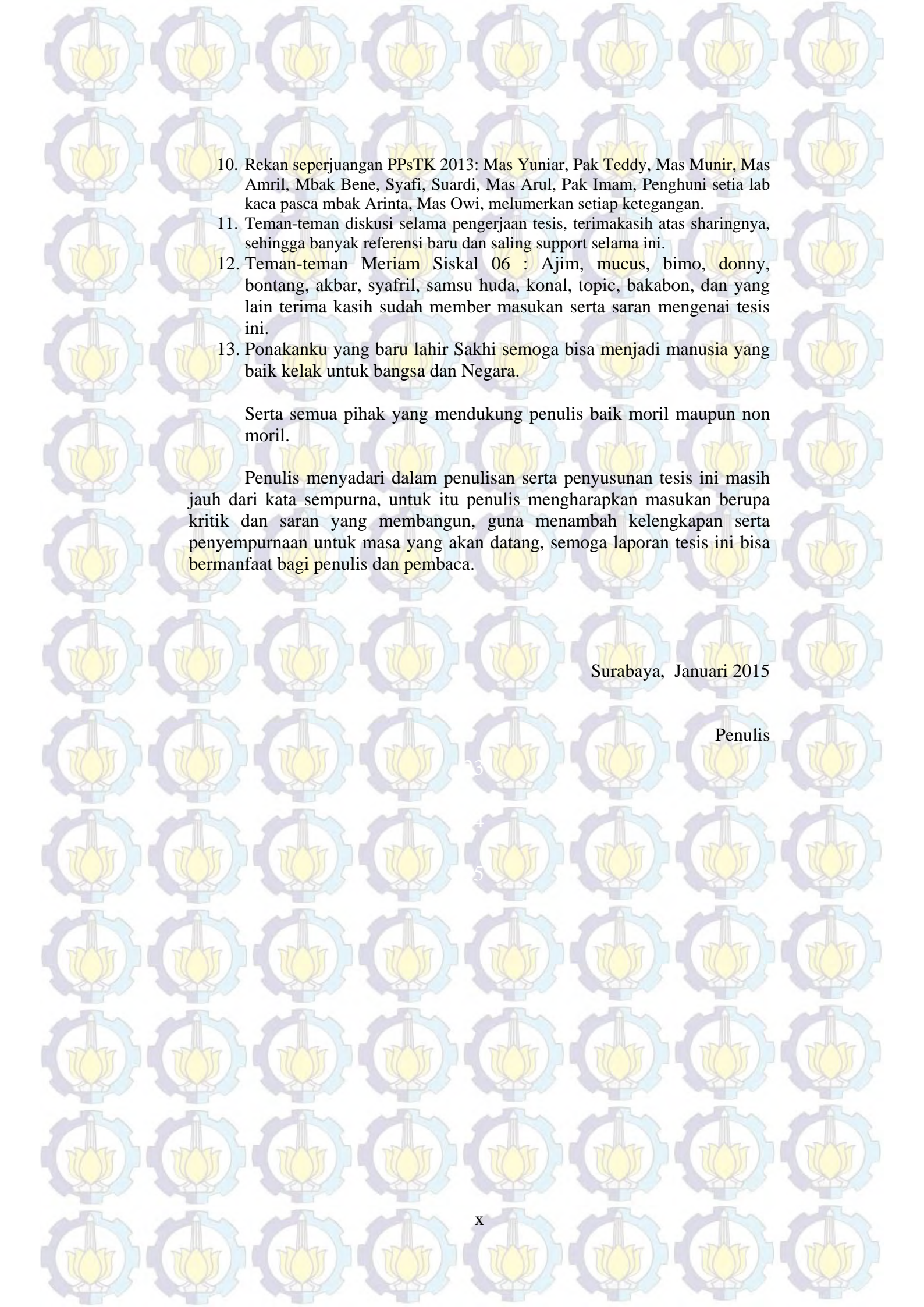
KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas kehadiran ALLAH SWT karena atas Hidayah dan Rahmat-NYA penulis diberikan kesempatan untuk menyelesaikan tesis dalam bidang *Marine Power Plant* dengan judul “Studi Kelayakan Konversi *Diesel Engine* Berbahan Bakar Minyak Menjadi *Dual Fuel Diesel Engine* Pada Kapal *Container 368 TEU*”.

Penulisan dan penyusunan tesis ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan program master di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tesis ini disusun untuk mendapatkan kelayakan dari konversi dual fuel pada mesin induk di kapal ditinjau dari segi teknis dan ekonomis.

Penyelesaian tesis ini tidak lepas dari keterlibatan dukungan, doa serta bantuan baik moril maupun materiil berbagai pihak, oleh karenanya penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang turut membantu penyelesaian tesis ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. ALLAH SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini.
2. Orang tua, calon mertua, adik, kakak, sahabat, senior, dan juga nama-nama yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
3. Calon istriku, dan juga calon ibu untuk anak-anak ku kelak Uthia Estiane, terima kasih atas pengertian nya selama ini dalam mendukung kuliah dari awal sampai akhir.
4. Bapak Ir. Aguk Zuhdi M.F, M.Eng, Ph.D.. dan Bapak Dr. Eng. I Made Ariana, ST. MT.. selaku dosen pembimbing, terima kasih atas kesabaran, waktu, ilmu, pengarahan dan motivasi yang telah diberikan selama penulisan dan penyusunan tesis ini. Penulis mohon maaf atas segala perbuatan maupun ucapan yang kurang berkenan selama proses bimbingan.
5. Bapak Dr. Eng. Trika Pitana, ST., M.Sc. selaku Koordinator Jurusan yang telah memberikan arahan kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan studi dengan baik.
6. Bapak Ir. Agoes Achmad Masroeri, M.Eng, D.Eng dan Bapak Semin Sanuri, ST. MT, Ph.D selaku tim penguji.
7. Bapak Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, ST, MT. selaku Ketua Program Pascasarjana Teknologi Kelautan.
8. Segenap jajaran dosen Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Program Pascasarjana Teknologi Kelautan.
9. Segenap jajaran karyawan dan staff Program Pascasarjana Teknologi Kelautan.

- 
10. Rekan seperjuangan PPsTK 2013: Mas Yuniar, Pak Teddy, Mas Munir, Mas Amril, Mbak Bene, Syafi, Suardi, Mas Arul, Pak Imam, Penghuni setia lab kaca pasca mbak Arinta, Mas Owi, melumerkan setiap ketegangan.
 11. Teman-teman diskusi selama pengerjaan tesis, terimakasih atas sharingnya, sehingga banyak referensi baru dan saling support selama ini.
 12. Teman-teman Meriam Siskal 06 : Ajim, mucus, bimo, donny, bontang, akbar, syafril, samsu huda, konal, topic, bakabon, dan yang lain terima kasih sudah member masukan serta saran mengenai tesis ini.
 13. Ponakanku yang baru lahir Sakhi semoga bisa menjadi manusia yang baik kelak untuk bangsa dan Negara.

Serta semua pihak yang mendukung penulis baik moril maupun non moril.

Penulis menyadari dalam penulisan serta penyusunan tesis ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis mengharapkan masukan berupa kritik dan saran yang membangun, guna menambah kelengkapan serta penyempurnaan untuk masa yang akan datang, semoga laporan tesis ini bisa bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

26 DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TESIS.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Luaran yang diharapkan	2
1.6 Kontribusi & manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. LNG sebagai Bahan bakar di Kapal	5
2.2. Hasil Penelitian sebelumnya.....	7
2.3. <i>Dual Fuel Diesel Engine</i>	14
BAB III METODOLOGI.....	16
3.1 Identifikasi dan perumusan masalah.....	16
3.2 Studi Literatur.....	16
3.3 Pengumpulan Data.....	16
3.4 Desain gambar sistem.....	16
3.5 Perhitungan biaya konversi.....	17
3.6 Analisa investasi konversi dual fuel	17
3.7 Kesimpulan.....	17
3.1 Flowchart metodologi.....	17

BAB IV ANALISA & PEMBAHASAN	20
4.1. Analisa Teknis & Perencanaan	20
4.1.1 Sistem LNG Transfer Ke Main Engine.....	20
4.1.1.A Bunkering Station.....	20
4.1.1.B Storage Tank.....	22
4.1.1.C Inert Gas generator	26
4.1.1.D Gas Valve Unit.....	26
4.1.2 Sistem Safety	27
4.1.2.A Gas Mast	28
4.1.2.B Gas Detection	28
4.1.2.C Fire Safety	29
4.1.3 Stabilitas Kapal	29
4.1.3.A Stabilitas kondisi ballast bahan bakar penuh.....	31
4.1.3.B Stabilitas kondisi ballast bahan bakar 10%	33
4.1.3.C Stabilitas kondisi full container bahan bakar penuh.....	34
4.1.3.D Stabilitas kondisi full container bahan bakar 10%	35
4.2. Analisa Ekonomi	39
4.2.1 Payback Period.....	39
4.2.1.A Income Expenditure	40
4.2.1.B Outcome Expenditure.....	43
4.2.1.C Payback Period Single Fuel.....	61
4.2.1.D Payback Period Dual Fuel.....	63
4.2.2 NPV & IRR.....	72
4.2.2.A NPV.....	72
4.2.2.B IRR	73
BAB V KESIMPULAN & SARAN	77
5.1. Kesimpulan.....	77
5.2. Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA.....	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan CNG & LNG	5
Tabel 4.1 Perhitungan Displacement bahan bakar penuh	32
Tabel 4.2 Perhitungan Displacement bahan bakar 10%	34
Tabel 4.3 Perhitungan displasemen full container	35
Tabel 4.4 Perhitungan displasemen full container, bahan bakar 10%	36
Tabel 4.5 Resume stabilitas existing dengan penambahan LNG	Error!
Bookmark not defined.	
Tabel 4.6 Income Expenditure Single Fuel	41
Tabel 4.7 Income Expenditure Dual Fuel	42
Tabel 4.8 Biaya Bahan Bakar	44
Tabel 4.9 Biaya Bahan bakar 70 : 30 Dual Fuel	45
Tabel 4.10 Biaya Bahan bakar 60 : 40 Dual Fuel	47
Tabel 4.11 Biaya Bahan bakar 80 : 20 Dual Fuel	49
Tabel 4.12 Biaya Bahan bakar 90 : 10 Dual Fuel	50
Tabel 4.13 Biaya Gaji ABK	51
Tabel 4.14 Biaya Pelumas	52
Tabel 4.15 Total Maintenance Cost Single Fuel	54
Tabel 4.16 Total Maintenance Cost Dual Fuel	55
Tabel 4.17 Total biaya Provision	56
Tabel 4.18 Total Biaya Air Tawar	57
Tabel 4.19 Total Biaya Logistic Kapal	58
Tabel 4.20 Total Biaya Operasional single Fuel	61
Tabel 4.21 Biaya Modifikasi Dual Fuel	63
Tabel 4.22 Perbandingan Payback Period Minyak, Dual Fuel (70:30) A, dan Dual Fuel (70:30) B	65
Tabel 4.23 Perbandingan Payback Period Minyak, Dual Fuel (60:40) A, dan Dual Fuel (60:40) B	67
Tabel 4.24 Perbandingan Payback Period Minyak, Dual Fuel (80:20) A, dan Dual Fuel (80:20) B	69
Tabel 4.25 Perbandingan Payback Period Minyak, Dual Fuel (90:10) A, dan Dual Fuel (90:10) B	71
Tabel 4.26 Interpolasi IRR Single Fuel	73
Tabel 4.31 Hasil IRR	74

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel 4.27 NPV Single Fuel
Lampiran 2. Tabel 4.28 NPV Dual Fuel 70:30 A
Lampiran 3. Tabel 4.29 NPV Dual Fuel 70:30 B
Lampiran 4. Tabel 4.30 NPV Dual Fuel 60:40 A
Lampiran 5. Tabel 4.32 NPV Dual Fuel 60:40 B
Lampiran 6. Tabel 4.33 NPV Dual Fuel 80:20 A
Lampiran 7. Tabel 4.35 Payback Period Single Fuel
Lampiran 8. Tabel 4.36 Payback Period Dual Fuel 60:40 A
Lampiran 9. Tabel 4.37 Payback Period Dual Fuel 60:40 B



Lampiran 10. Tabel 4.37 Payback Period Dual Fuel 70:30 A
Lampiran 11. Tabel 4.38 Payback Period Dual Fuel 70:30 B
Lampiran 12. Tabel 4.39 Payback Period Dual Fuel 80:20 A
Lampiran 13. Tabel 4.40 Payback Period Dual Fuel 80:20 B
Lampiran 14. Tabel 4.41 Payback Period Dual Fuel 90:10 A
Lampiran 15. Tabel 4.42 Payback Period Dual Fuel 90:10 B
Lampiran 16. Tabel 4.43 Operational Cost Single Fuel
Lampiran 17. Tabel 4.44 Operational Cost DF 60:40 A
Lampiran 18. Tabel 4.45 Operational Cost DF 60:40 B
Lampiran 19. Tabel 4.46 Operational Cost DF 70:30 A
Lampiran 20. Tabel 4.47 Operational Cost DF 70:30 B
Lampiran 21. Tabel 4.48 Operational Cost DF 80:20 A
Lampiran 22. Tabel 4.49 Operational Cost DF 80:20 B
Lampiran 23. Tabel 4.50 Operational Cost DF 90:10 A
Lampiran 24. Tabel 4.51 Operational Cost DF 90:10 B
Lampiran 25. Gambar Piping Diagram LNG Supply
Lampiran 26. Gambar Piping Arrangement
Lampiran 27. Gambar Kurva Stabilitas Kondisi Ballast Bahan Bakar Penuh
Lampiran 28. Gambar Kurva Stabilitas Kondisi Ballast Bahan Bakar 10%
Lampiran 29. Gambar Kurva Stabilitas Kondisi Full Container Bahan Bakar Penuh
Lampiran 30. Gambar Kurva Stabilitas Kondisi Full Container Bahan Bakar 10%

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 ECA Dunia.....	6
Gambar 2.2 Tipe Tangki LNG.....	7
Gambar 2.3 Formula NPV	10
Gambar 2.4 Dual Fuel sistem.....	12
Gambar 2.5 Injection Control Sistem	13
Gambar 2.6 Bi Fuel Governor Econ	13
Gambar 2.7 Comap Controller.....	14
Gambar 2.8 Comap Knocking detector.....	14
Gambar 4.1 Bunkering LNG process.....	20
Gambar 4.2 Existing Room.....	21
Gambar 4.3 Cold Box	24
Gambar 4.4 Aturan Peletakan Tangki.....	25
Gambar 4.5 Perencanaan Tangki LNG.....	25
Gambar 4.6 GVV tipe <i>un enclosure</i>	27
Gambar 4.7 GVV tipe enclosure.....	27
Gambar 4.8 Hazardous Area.....	28
Gambar 4.9 Perencanaan Pemasangan Gas Detector.....	29
Gambar 4.10 Peletakan Tangki LNG.....	31
Gambar 4.11 Fluktuasi Harga HFO	43
Gambar 4.12 Fluktuasi Harga LNG.....	45
Gambar 4.13 Fluktuasi Harga HFO	43
Gambar 4.14 Payback Period Single Fuel.....	62
Gambar 4.15 Perbandingan Payback Period Minyak, Dual Fuel (70:30) A, dan Dual Fuel (70:30) B	64
Gambar 4.16 Perbandingan Payback Period Minyak, Dual Fuel (60:40) A, dan Dual Fuel (60:40) B	66
Gambar 4.17 Perbandingan Payback Period Minyak, Dual Fuel (80:20) A, dan Dual Fuel (80:20) B	68
Gambar 4.17 Perbandingan Payback Period Minyak, Dual Fuel (80:20) A, dan Dual Fuel (80:20) B	68
Gambar 4.18 Perbandingan Payback Period Minyak, Dual Fuel (90:10) A, dan Dual Fuel (90:10) B	70

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di kapal umumnya menggunakan motor diesel sebagai penggerak utama, Bahan bakar yang digunakan pada motor diesel juga sangat mempengaruhi intensitas dari gas buang yang dihasilkan. Bahan bakar yang digunakan untuk motor diesel di Kapal umumnya adalah HFO (Heavy Fuel Oil), atau Marine Diesel Oil (MDO) yang memiliki viskositas yang tinggi dibandingkan bahan bakar yang lainnya sehingga kualitas gas buang yang dihasilkan sangat buruk. Gas yang dihasilkan seperti *carbon monoxide* (CO), *hidrocarbon* (HC), *carbon dioxides* (CO₂), *nitrogen oxides* (NO_x), partikulat matter (PM) dan *sulphur oxides* (SO_x).

Semua gas buang tersebut mempunyai dampak yang buruk bagi kesehatan, maka dari itu perlu dilakukan pengurangan terhadap kandungan gas yang berbahaya tersebut. Salah satu caranya adalah dengan menggunakan metode dual fuel engine, dimana bahan bakar yang digunakan oleh motor diesel adalah perpaduan dari gas, dan bahan bakar minyak. Menurut (jerzy herdzik, 2011) Bahan bakar gas yang sesuai untuk dual fuel adalah LNG, dikarenakan dari segi pembakaran LNG memiliki kandungan metana yang lebih besar, sedangkan dari segi harga LNG lebih murah dibandingkan bahan bakar minyak yang lainnya. Dengan adanya isu global mengenai cadangan minyak bumi inilah banyak penelitian mengenai bahan bakar gas yang dikembangkan. Untuk mengurangi konsumsi minyak bumi dunia terutama untuk industry maritim. Menurut Statistical Review of World Energy 2013, Indonesia bahkan akan kehabisan minyak tahun 2024, dengan catatan tidak ada tambahan cadangan minyak terbukti. Sedangkan untuk cadangan gas alam Indonesia menempati posisi 11 besar dunia dengan jumlah 98 trillion cu ft (*Oil & Gas Journal*, 2005).

1.2. Rumusan Masalah

Dari uraian di atas maka permasalahan utama yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimanakah konversi diesel engine menjadi dual fuel ditinjau segi teknis sesuai dengan minimum requirement class?
- b. Bagaimana konversi dual fuel engine ini ditinjau dari segi ekonomis?
- c. Apakah konversi dual fuel layak untuk dilakukan?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tesis ini adalah sebagai berikut :

- a. Diasumsikan bahwa proses loading dan unloading LNG telah tersedia di pelabuhan
- b. Tidak membahas secara detail mengenai performa dual fuel engine
- c. Kapal yang akan dianalisa adalah kapal container 368 TEU dengan tipe mesin yanmar 6EY26
- d. Analisa teknis konversi dual fuel engine sesuai dengan aturan class (BKI),
- e. Tidak membahas secara detail mengenai stabilitas kapal akibat tambahan tangki storage LNG.
- f. Analisa ekonomi dengan menggunakan NPV & IRR.
- g. Tidak memperhitungkan biaya bahan bakar, dan pelumas untuk genset dan permesinan bantu yang lain

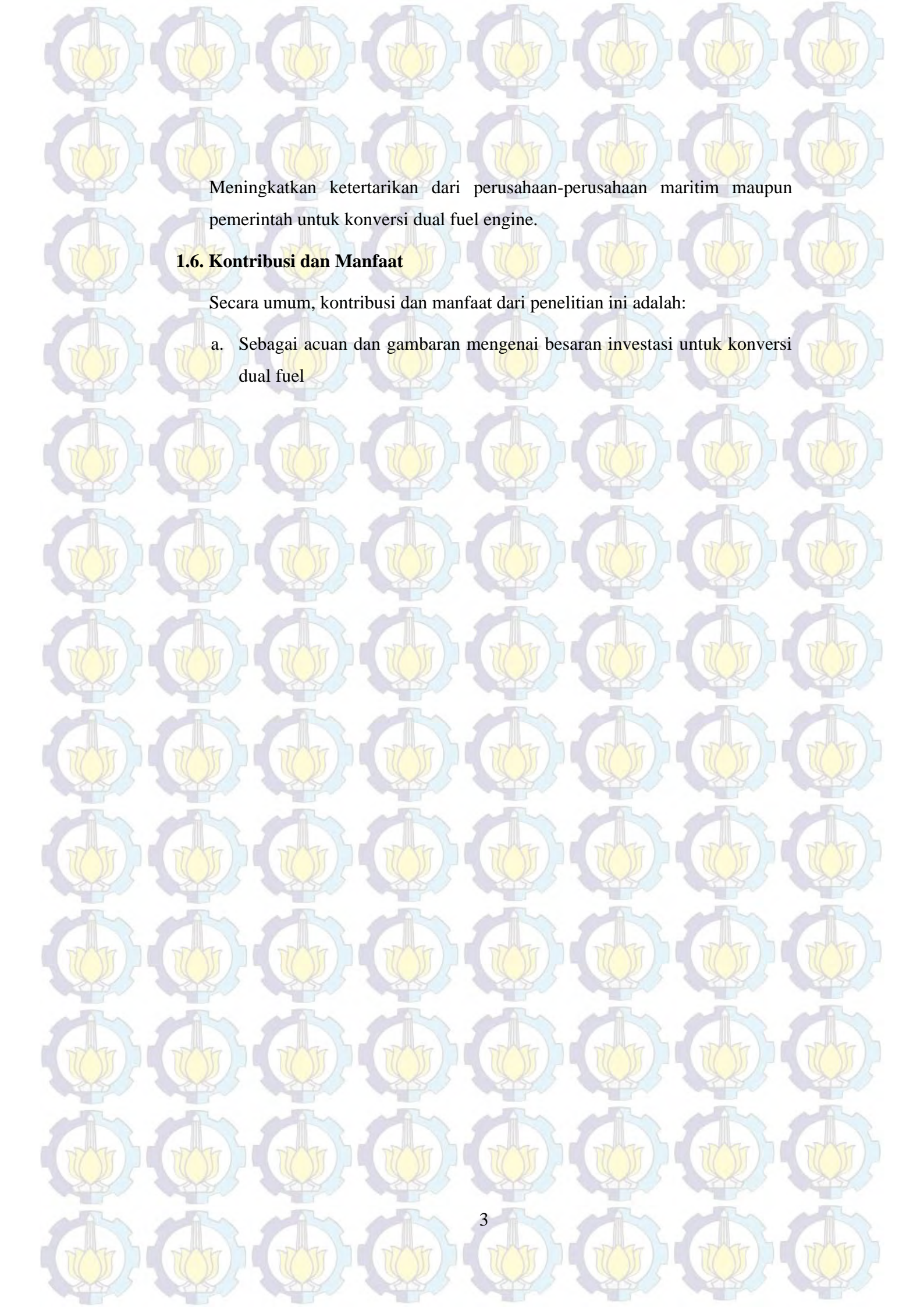
1.4. Tujuan

Secara umum tujuan penulisan thesis ini adalah :

- a. Untuk mengetahui pengaruh perubahan secara teknis konversi dual fuel engine di kapal.
- b. Mengetahui kajian ekonomis konversi dual fuel engine.
- c. Mengetahui kelayakan konversi dual fuel.

1.5. Luaran Yang Diharapkan

Luaran yang diharapkan dari pengerjaan tesis ini adalah:



Meningkatkan ketertarikan dari perusahaan-perusahaan maritim maupun pemerintah untuk konversi dual fuel engine.

1.6. Kontribusi dan Manfaat

Secara umum, kontribusi dan manfaat dari penelitian ini adalah:

- a. Sebagai acuan dan gambaran mengenai besaran investasi untuk konversi dual fuel

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. LNG sebagai bahan bakar di Kapal

Gas Alam kini telah banyak dimanfaatkan sebagai sumber energy baik untuk memasak, bahan bakar industry maupun bahan bakar transportasi seperti mobil. CNG (Compressed Natural Gas) telah banyak digunakan untuk bahan bakar mobil maupun truk. Gas alam dimanfaatkan sebagai sumber energy karena hasil pembakaran nya yang ramah lingkungan dan jauh dari emisi polutan berbahaya. Berikut dibawah ini adalah kelebihan dan kekurangan dari penggunaan CNG dan LNG sebagai bahan bakar main engine di kapal :

Tabel. 2.1 Perbandingan CNG & LNG

No	Kelebihan CNG	Kekurangan CNG
1	Teknologi yang lebih matang	Storage tank yang besar
2	Simple fuel tanks, dan pressure manajemen	Biaya kompresi energi, dan pemeliharaan bunkering station
3	Gas/uap bukan kriogenik	Menambah Berat kapal
4	Tak ada bahan bakar yang hilang	
5	Desain sistem bisa di kustomisasi menyesuaikan pengaplikasian nya	
No	Kelebihan LNG	Kekurangan LNG
1	Tank storage space lebih sedikit	Instalasi terlalu rumit
2	Density bahan bakar lebih baik	Menjaga temperatur dan tekanan LNG ke engine cukup kompleks
3	Tangki storage tidak terlalu berat	Biaya perawatan kriogenik part yang mahal
4		Bahan bakar yang akan menguap di dalam tangki
5		Biaya perawatan yang lebih mahal dibandingkan CNG

(Sumber : J.E. Sinor, 1991)

Dari Tabel 2.1 dapat diketahui bahwa sebagai bahan bakar di kapal LNG lebih cocok digunakan karena ruang tangki yang dibutuhkan tidak terlalu besar, serta tidak menambah berat kapal terlalu signifikan. LNG telah terbukti kelayakan dan

keamanan teknis sebagai bahan bakar. Penggunaan LNG sebagai bahan bakar kapal telah tumbuh pesat baik di Eropa maupun di Asia, pada tahun 2012 telah ada 29 kapal baru yang sedang dibangun. Diperkirakan pada tahun 2020 sebanyak 2000 kapal dengan bahan bakar LNG beroperasi. Banyak penelitian yang membahas mengenai pemanfaatan LNG sebagai bahan bakar di kapal terutama di benua eropa dan amerika, terkait dengan aturan IMO Tier III (Emission Control Area) yang akan diterapkan pada 1 januari 2016.



Gambar 2.1. ECA dunia

(www.dnv.com/industry/maritime/publications, 20 Januari 2015)

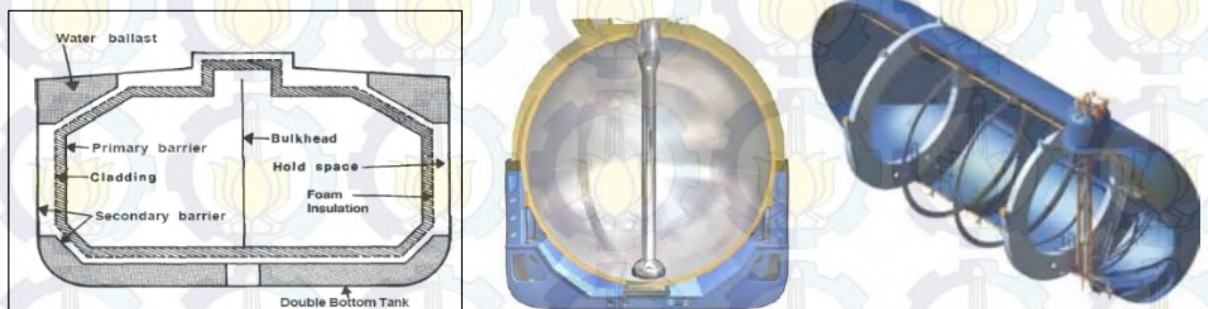
Pada gambar 2.1 maka kemungkinan pada tahun 2016 selat malaka akan menerapkan ECA (Emission Control Area) dimana untuk berlayar ke Singapura kapal dari Indonesia harus memenuhi standard emisi ECA (TIER III), meskipun di Indonesia belum mengarah ke ECA maupun Tier III.

Di Indonesia sendiri, LNG lebih banyak diekspor dibandingkan digunakan untuk pemenuhan kebutuhan industri di darat, maupun industri maritim. Banyak permasalahan untuk mengaplikasikan LNG sebagai bahan bakar di kapal seperti biaya modifikasi, fasilitas di pelabuhan, jika memodifikasi kapal maka harus memperhatikan tersedianya ruang untuk penempatan tangki LNG, dan

perlengkapannya, perubahan stabilitas akibat penambahan tangki LNG, serta keuntungan dari modifikasi kapal berbahan bakar minyak menjadi kapal berbahan bakar dual fuel.

2.2. Hasil Penelitian sebelumnya

Penelitian mengenai LNG sebagai bahan bakar alternatif baik di industri darat, maupun industri maritime sangat gencar dilakukan, LNG sebagai bahan bakar alternatif di Kapal. Pada penelitian *LNG as Marine a Fuel Possibilities and problems* yang di susun oleh *Jerzy Herdzik* pada tahun 2011, dimana pada kasus tersebut fokus utama penulis adalah pada nilai ekonomi dari LNG dibandingkan dengan HFO, dilihat dari fluktuasi harga per tahun, sedangkan untuk masalah teknis pada paper ini hanya membahas mengenai solusi mengatasi masalah *knocking* pada penggunaan gas sebagai bahan bakar kapal. Dari penelitian ini merekomendasikan storage tank di kapal yang lebih hemat tempat, dan LNG sebagai *marine fuel* sangat cocok dalam memenuhi standard TIER III dari IMO. Dengan teknologi yang ada saat ini ukuran LNG tank lebih compact dan peralatan yang digunakan lebih menghemat ruang untuk instalasinya, berikut dibawah ini adalah contoh tipe-tipe tangki LNG yang ada sampai saat ini :



Gambar 2.2. Tipe Tangki LNG (Gudrun,2013)

Sedangkan pada penelitian *Car Ferry LNG Fuel Conversion Feasibility Study* (*Robert T Madson*, 2011) fokus dari penelitian ini adalah membandingkan konsumsi bahan bakar dan emisi pada kapal ferry yang menggunakan gas fuel main engine, dengan dual fuel gas engine. Dari segi teknis paper ini banyak membahas segala aspek yang perlu dipertimbangkan dalam mendukung dual fuel, maupun gas engine

baik dari stabilitas kapal, struktur konstruksi untuk tangki, dan safety. Kekurangan dari paper ini adalah layout dari piping nya tidak dimunculkan, serta biaya yang dikeluarkan untuk mengganti main engine, serta paper ini hanya bisa diaplikasikan untuk kapal baru. Jika modifikasi dual fuel engine maupun gas fuel engine dilakukan pada kapal baru, tidak akan terlalu sulit untuk mengatur letak tangki storage LNG dan juga lokasi untuk perlengkapan yang mendukung LNG tersebut, kesulitan yang utama saat memodifikasi adalah pengaturan ruang untuk tangki LNG, serta alat pendukungnya, serta masalah pemindahan ruang jika dibutuhkan untuk mendukung sistem LNG ke main engine, pada engine room pun juga harus diperhatikan ketersediaan ruang nya.

Pada penelitian *Performance and Emissions Of Heavy-Duty Diesel Engine Fuelled With Diesel and LNG* (kraipat, 2013) dimana fokus penelitian ini adalah eksperimen penggunaan dual fuel engine terhadap performa dan juga emisi gas buang yang dihasilkan. Hasil penelitian ini adalah diperoleh kombinasi maksimal konsumsi bahan bakar LNG adalah sebesar 77,90 % pada putaran mesin 1300 rpm, serta konsumsi bahan bakar pada dual fuel engine lebih sedikit dibandingkan dengan *single fuel*, kekurangan dari penelitian ini adalah tidak menjelaskan mengenai biaya yang dibutuhkan untuk memodifikasi *single fuel engine* menjadi *dual fuel engine*. Pada penelitian ini akan menggunakan referensi

Pada penelitian selanjutnya adalah *Feasibility of Dual Fuel Engines in Short Sea Shipping Lines* (Daniel Delgado, 2012) dimana pada studi kasus ini, adalah studi kelayakan pada kapal *Short Sea Shipping* pada daerah di eropa yang akan menjalankan aturan ECA di tahun 2015, dimana selain membahas ekonomis juga membahas mengenai teknikal instalasi di kapal, hasil dari penelitian ini adalah jarak efisien yang ditempuh untuk mengurangi dimensi LNG tank yang akan dipasang dikapal adalah maksimal 500 nautical miles, namun hal tersebut juga harus didukung dengan bunkering LNG yang tersedia di setiap pelabuhan yang ada dalam rute kapal.

Dari segi teknis Delgado menggunakan aturan DNV namun tidak terlalu dalam pembahasan nya karena pada paper ini penulis juga berupaya membandingkan

besarnya biaya investasi dual fuel dibanding dengan metode lain untuk mengurangi emisi (*wet scrubber open loop, wet scrubber close, wet scrubber hybrid, loop dry scrubber, EGR system, Selective Catalytic Reduction, low sulphur fuels*, dan lain-lain) dari perbandingan masing-masing metode LNG yang paling memungkinkan, karena emisi turun, dan juga konsumsi bahan bakar lebih sedikit dibanding metode yang lain nya. Analisa ekonomi yang digunakan adalah NPV selama 20 tahun, serta untuk analisa ekonomi seharusnya di sertakan IRR (*Internal Rate Return*) sebagai parameter lain untuk meyakinkan investor. Kekurangan dari penelitian ini adalah tidak memperhitungkan pengaruh tambahan tangki LNG pada stabilitas kapal,

Pada penelitian *LNG as fuel ship in Iceland* (Gudrun, 2013) dimana pada penelitian ini membahas mengenai feasibility dari dual fuel yang akan digunakan pada kapal penangkap ikan di Islandia dengan menganalisa teknis dan ekonomi penggunaan dual fuel. Hasil dari penelitian ini adalah penggunaan LNG sebagai bahan bakar sangat sesuai dengan standar emisi yang akan berlaku di eropa yaitu TIER III, ditinjau dari segi ekonomi LNG lebih menguntungkan karena harganya yang lebih meskipun dari segi teknis LNG banyak memakan ruang yang tersedia di kapal ikan. Kekurangan dari paper ini adalah penulis tidak memperhatikan mengenai efek penambahan tangki :LNG terhadap stabilitas kapal, dan juga untuk solusi penempatan tangki LNG agar tidak makan tempat adalah menggunakan LNGpac.

Dari beberapa penelitian yang telah di review, maka muncul ide untuk melakukan studi kelayakan penggunaan dual fuel LNG di Indonesia, dikarenakan negara Indonesia adalah penghasil LNG no 11 di dunia. Studi kelayakan dual fuel diesel engine ini nantinya akan menggunakan contoh kasus pada kapal tipe Container dengan kapasitas container adalah 368 TEU. Studi kelayakan ini akan membahas masalah teknis (meliputi penempatan tangki, stabilitas kapal, system perpipaan, dan system keamanan sesuai dengan aturan class BKI) dan juga masalah analisa ekonomi (metode NPV, dan IRR).

Studi kelayakan dari segi ekonomi sangat perlu dilakukan untuk menjadi bahan pertimbangan suatu perusahaan dalam melakukan investasi atau pengembangan perusahaan. Studi kelayakan bisnis sering disebut juga sebagai *feasible study*. Suatu

usaha yang diusulkan/direncanakan dikatakan layak jika dalam pelaksanaannya dapat memberikan manfaat finansial maupun sosial. Dalam analisis ini, tentunya memerlukan beberapa indikator, diantaranya adalah NPV, IRR, dan *Payback Period*.

- *Net Present Value* atau biasa disingkat dengan NPV adalah merupakan kombinasi pengertian present value penerimaan dengan present value pengeluaran. NPV adalah selisih antara present value dari investasi dengan nilai sekarang dari penerimaan-penerimaan kas bersih di masa yang akan datang. Untuk menghitung nilai sekarang perlu ditentukan tingkat bunga yang relevan. NPV merupakan net benefit yang telah didiskon dengan menggunakan *social opportunity cost of capital* sebagai diskon factor
- Kriteria:

$NPV > 0$ (nol) → usaha/proyek layak (feasible) untuk dilaksanakan

$NPV < 0$ (nol) → usaha/proyek tidak layak (feasible) untuk dilaksanakan

$NPV = 0$ (nol) → usaha/proyek berada dalam keadaan BEP

Untuk menghitung NPV diperlukan data tentang perkiraan biaya investasi, biaya operasi, dan pemeliharaan serta perkiraan benefit dari proyek yang direncanakan. Nilai sekarang dari sebuah anuitas identik dengan nilai awal dari penanaman modal. Anuitas dari sebuah *present value* sama dengan jumlah angsuran pada setiap interval. (www.financeformulas.net/Net_Present_Value.html, 20 Januari 2015).

$$NPV = -C_0 + \frac{C_1}{1+r} + \frac{C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{C_T}{(1+r)^T}$$

$-C_0 = \text{Initial Investment}$
 $C = \text{Cash Flow}$
 $r = \text{Discount Rate}$
 $T = \text{Time}$

Gambar 2.3. Formula NPV (www.financeformulas.net/Net_Present_Value.html, 20 Januari 2015)

Internal Rate of Return adalah sebuah ukuran anggaran modal yang digunakan oleh perusahaan dalam menentukan apakah mereka seharusnya melakukan investasi atau tidak. Atau dalam arti yang lain, IRR didefinisikan sebagai sebuah

tarif bunga untuk sebuah investasi yang berasal dari pembayaran dan pendapatan yang meliputi periode reguler. Secara umum, dapat kita simpulkan bahwa IRR adalah tingkat bunga pengembalian atas sebuah proyek yang diterima perusahaan.

$$IRR = \text{Lower Discount rate} + (\text{NPV at lower \% rate} / \text{distance between 2 NPV}) \times (\text{Higher \% rate} - \text{Lower \% rate})$$

Jika IRR lebih besar dari modal maka proyek tersebut bisa dilaksanakan, sedangkan jika IRR lebih rendah dari modal maka proyek tersebut tidak layak untuk dikerjakan.

2.3. Dual Fuel Diesel Engine

Pada modifikasi motor diesel normal menjadi *dual fuel*, udara murni yang dihisap akan dicampurkan dengan gas (CNG ataupun LNG), sehingga hanya sedikit volume solar yang dibutuhkan supaya terjadi ledakan. Motor diesel bahan bakar campuran gas kebanyakan menggunakan *intake valve* untuk memasukan gas bersamaan dengan udara murni. Pengoperasian dengan mode *dual fuel* ini dapat mengurangi emisi-emisi oksida nitrogen (NOx) mendekati 85%. Selain itu, pada saat beroperasi dengan gas alam dan bahan bakar berkadar belerang rendah, motor-motor diesel berbahan bakar ganda menghasilkan level-level kandungan SOx dan PM nyaris nol. (ABS, 2012)

Konversi dual fuel engine diusahakan seminimal mungkin dalam merubah komponen internal diesel engine, maka pengaplikasian pada studi kelayakan ini adalah dengan memasukan LNG pada intake manifold. Solar pada nozzle berperan sebagai *pilot fuel* atau pematik. Seperti gambar 2.4 adalah teknologi dual fuel dengan memasukan LNG pada intake manifold yang sudah diaplikasikan oleh pembuat diesel engine wartsilla :



Gambar 2.4. Dual Fuel Sistem (www.wartsila.com/multifuelengines, 20 Januari 2015)

Konversi dual fuel juga membutuhkan komponen pendukung lain untuk memudahkan pengoperasiannya dan untuk mengontrol besarnya volume gas yang masuk ke intake manifold, dan besarnya bahan bakar yang keluar dari nozzle. Berikut dibawah ini adalah beberapa contoh alat pendukung yang harus dipasang pada motor diesel yang telah dikonversi :

- Konverter kit banyak tersedia dipasaran, untuk memilihnya harus menyesuaikan dengan putaran diesel engine. Saat ini untuk semua putaran diesel engine baik low, medium, dan high speed engine telah dijual oleh para vendor. Salah satu penjual converter yang bisa diaplikasikan di kapal adalah comap, heinzmann, bosch, dll. Pada

studi kelayakan ini adalah dengan menggunakan comap. Berikut dibawah ini adalah komponen-komponen yang ada dalam suatu converter kit.

a) Injection Control System

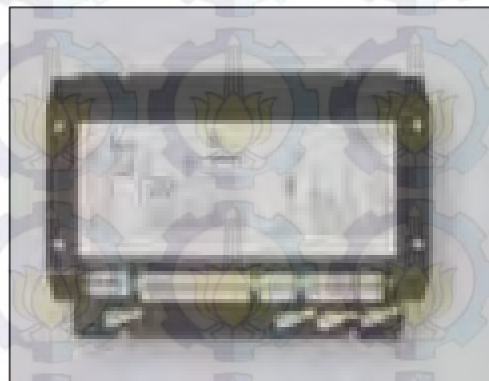
Berfungsi sebagai alat pengatur injeksi gas ke inlet melalui gas admission valve. Input dari injection control system berasal dari sensor yang dipasang pada *flywheel* dan *camshaft*, serta dari *governor econ*.



Gambar 2.5. Injection Control System (www.comap.cz, 20 januari 2015)

b) Bi Fuel Governor Econ

Berfungsi untuk mengontrol besarnya bahan bakar yang diinjeksikan di inlet. Governor econ akan terhubung dengan sensor pada *flywheel*, dan inputan dari bi fuel control unit. Dari governor econ nantinya akan memberikan input kepada *Injection control system*.



Gambar 2.6. Bi fuel governor icon (www.comap.cz, 20 januari 2015)

c) *Engine control unit InteliSys*

Berfungsi menerima inputan dari sensor yang terletak pada flywheel, dan juga knocking detector. Dari Engine control unit ini nantinya akan memberikan inputan kepada governor econ



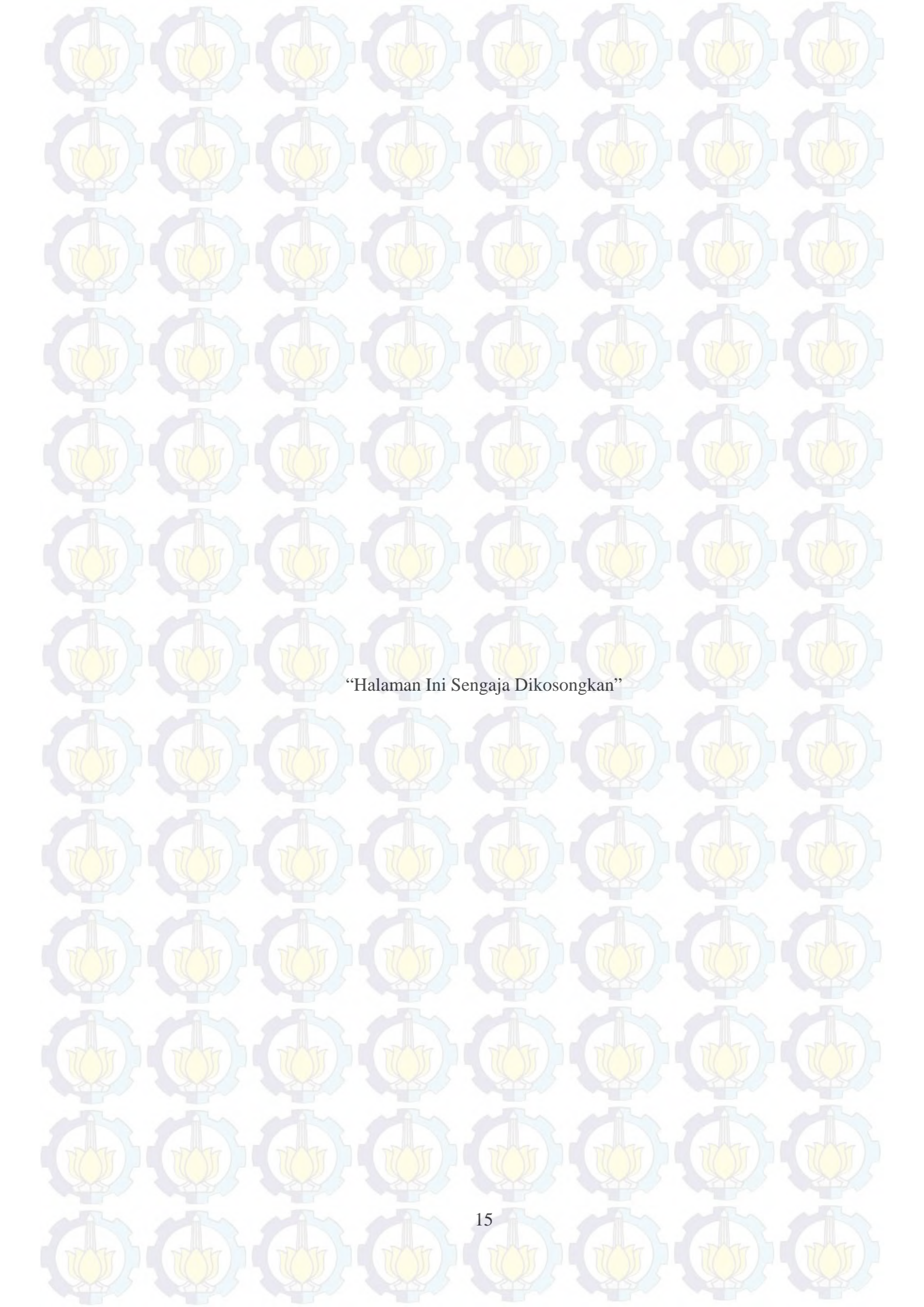
Gambar 2.7. Comap Controller (www.comap.cz, 20 januari 2015)

d) *Comap knocking detector*

Berfungsi untuk mendeteksi adanya gangguan pada saat pembakaran sehingga *knocking* atau ketukan pada mesin dapat dihindari. Gangguan dapat dideteksi karena *detector* ini menerima data dari alat yang disebut *knocking sensor* yang terpasang pada *cylinder head*.



Gambar 2.8. Comap knocking detector (www.comap.cz, 20 januari 2015)



“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan dasar agar proses penelitian berjalan secara sistematis, terstruktur dan terarah. Dalam rangka mencapai tujuan, penelitian ini menggunakan metodologi sebagai berikut:

3.1. Identifikasi dan perumusan masalah

Kegiatan yang dilakukan dalam pengidentifikasian masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah menentukan semua permasalahan yang ada pada isu terkini yaitu aturan class mengenai konversi dual fuel engine, serta aturan IMO mengenai pembatasan emisi dan berlakunya ECA pada tahun 2015.

3.2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari tentang teori-teori dasar permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini. Dengan tujuan untuk mendapatkan pengetahuan dasar dan data dari penelitian-penelitian sebelumnya yang dapat digunakan sebagai acuan penelitian selanjutnya. Pada tahap ini dilakukan study terhadap referensi-referensi yang terdapat pada jurnal tugas akhir, internet, dan buku-buku materi penunjang. Pengumpulan berbagai macam referensi untuk studi kelayakan konversi dual fuel engine di Negara-negara lain.

3.3. Pengumpulan Data

Setelah kita melakukan studi literatur dan mengumpulkan bahan pustaka. Maka langkah selanjutnya adalah mengumpulkan semua data data yang dibutuhkan seperti general arrangement dari kapal, engine room layout, biaya operasional kapal, dan biaya perawatan kapal.

3.4. Desain gambar sistem

Pada tahap ini data yang telah didapat akan diolah dalam bentuk gambar yaitu piping diagram supply LNG ke main engine, serta tata letak dari peralatan keamanan yang sesuai dengan aturan class. Dari gambar tersebut

juga dapat mengidentifikasi peralatan apa saja yang menjadi pendukung sistem Dual Fuel Engine.

3.5. Perhitungan biaya konversi

Pada tahap ini, desain gambar system pendukung konversi telah selesai dikerjakan. Untuk kemudian dapat diperoleh data dari gambar piping diagram dan piping arrangement untuk mengetahui material outfitting, serta besarnya biaya yang harus dikeluarkan dalam menunjang jalan nya sistem konversi Dual Fuel Engine ini.

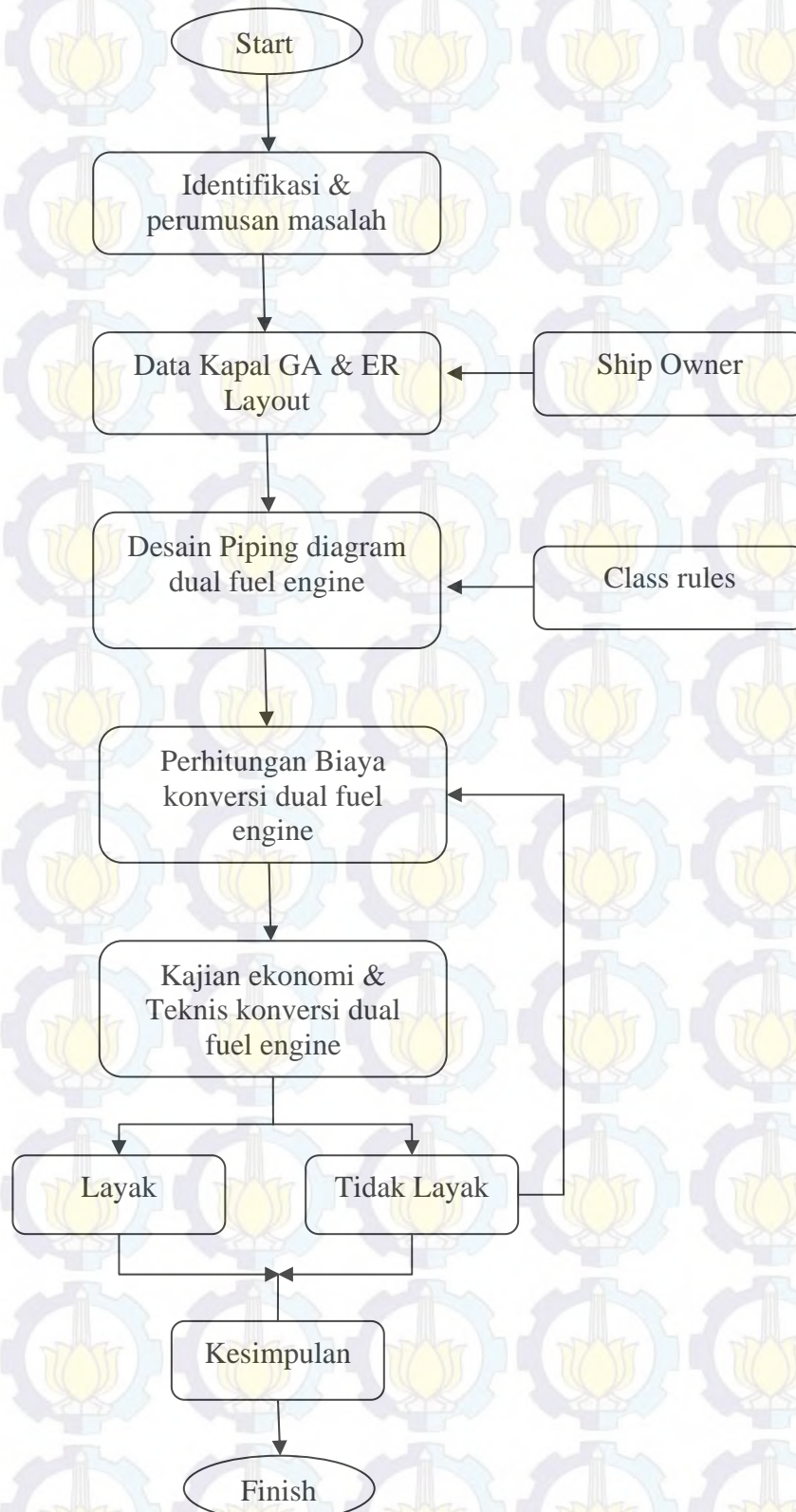
3.6. Analisa investasi konversi dual fuel engine

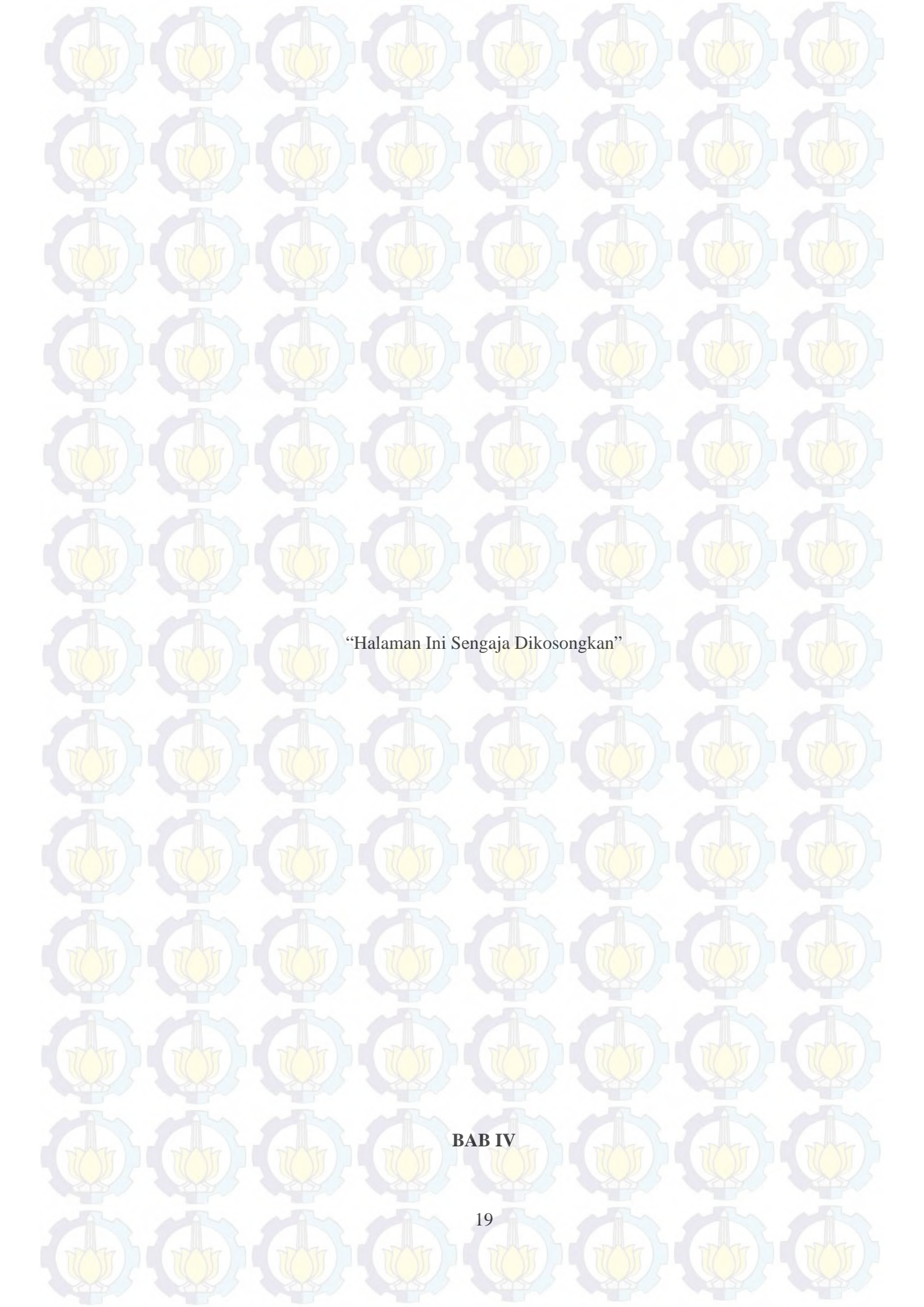
Pada bagian ini analisa investasi dilakukan untuk mengetahui kelayakan dari konversi dual fuel engine dengan LNG. Hal ini dilakukan dengan melakukan prediksi kenaikan dari harga minyak bumi, dan gas dunia. Selain itu juga menghitung biaya perawatan dari dual fuel engine jika dibandingkan dengan biaya perawatan kapal menggunakan bahan bakar minyak. Metode analisa nya adalah dengan menggunakan NPV dan IRR.

3.7. Kesimpulan

Setelah semua tahap dilakukan, selanjutnya adalah menarik kesimpulan dari analisa data yang didapatkan setelah verifikasi kajian ekonomi.

3.8. Flowchart Metodologi





“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB IV

BAB IV

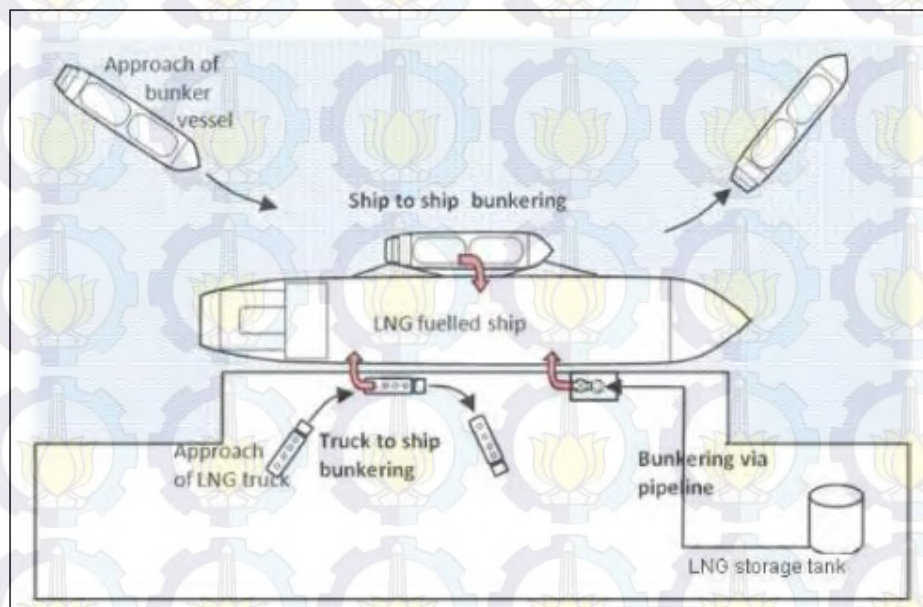
ANALISA & PEMBAHASAN

4.1. Analisa & Perencanaan Teknis

4.1.1. Sistem LNG Transfer ke Main Engine

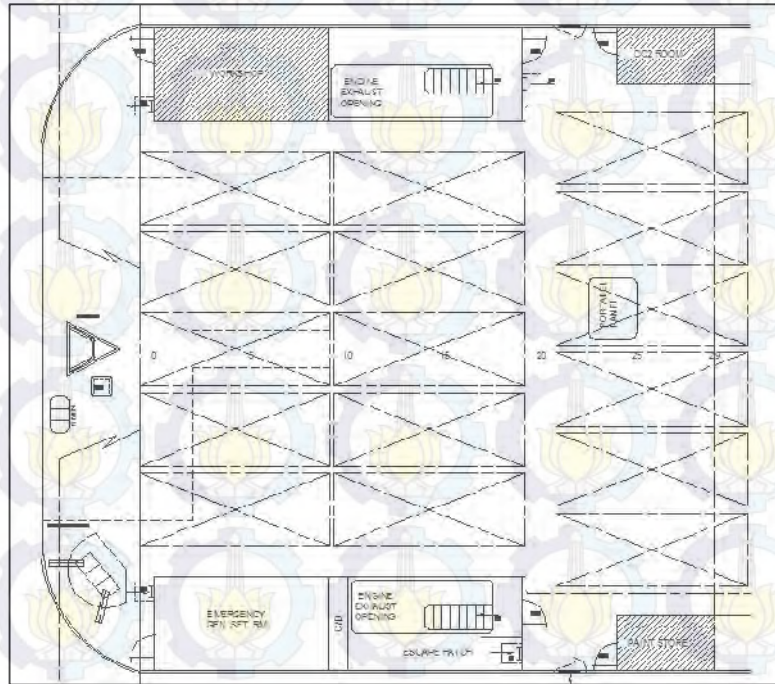
4.1.1.A Bunkering Station

Pada studi kelayakan ini, tangki LNG yang dipasang adalah tipe *fixed tank*, sehingga untuk mengisi storage nya diperlukan bunkering station yang menyuplai LNG dari pelabuhan ke LNG storage di kapal. Seperti gambar 4.1:



Gambar 4.1 Bunkering LNG proses (Gudrun, 2013)

Terdapat dua bunkering yang akan dipasang di kapal, yaitu pada *portside* (*CO₂ room frame 24-29*) dan *starboard side* kapal (*Paint Store frame 24-29*). Akibat perubahan fungsi ruang tersebut, maka dilakukan relokasi untuk *existing room* seperti kebutuhan ruang untuk *paint store* akan dipindah ke ruang *store* di *frame 52*, sedangkan untuk ruang *CO₂ room* akan dipindahkan ke ruang *workshop* yang direncanakan untuk menjadi ruang *inert gas* pada penelitian ini. Berikut dibawah ini adalah gambar ruang *existing* yang akan di ubah fungsinya untuk menjadi bunkering station.



Gambar 4.2 Existing Room

Dari gambar 4.2 dapat dilihat pada ruangan yang diarsir merupakan rencana ruang yang akan difungsikan untuk *bunkering station*, dan *inert gas room*. Bunkering station terdiri dari *shore connection*, *pressure gauge*, *manual stop valve*, dan *remotely operated valve*. Pada bagian bawah dari *bunkering station* juga terdapat *drip tray* yang terbuat dari stainless steel. Fungsi dari *drip tray* adalah untuk menguras air yang ada sewaktu proses transfer LNG ke *storage tank*. *Drip tray* akan terhubung dengan overboard di lambung kapal, dimana pipa drain akan dibungkus dengan isolasi thermal dari struktur kapal, dan juga *overboard* akan dipasang agar buangan drainase jauh dari lambung kapal. Pipa bunkering station harus doubled walled karena untuk mengantisipasi kebocoran yang bisa terjadi yang mengakibatkan cairan LNG bocor ke deck kapal. Pada BKI (Vol. 24, section 2 J, tahun 2013), *bunkering station* harus terpisah atau terlindungi dari *cargo/working deck*, *control station*, dan juga akomodasi. Pada kapal yang digunakan sebagai studi kasus ini tidak perlu perlindungan atau shielded karena penempatan bunkering station sudah di dalam ruangan yang jauh dari akomodasi, dan juga terlindungi dari cargo.

4.1.1.B Storage Tank

Storage tank berkaitan erat dengan kebutuhan bahan bakar. Dalam penentuan tangki bahan bakar baik minyak maupun gas tergantung dari endurance kapal tersebut, semakin besar endurance nya maka semakin besar pula kapasitas tangki yang dibutuhkan. Parameter dalam perhitungan kebutuhan bahan bakar adalah sebagai berikut :

➤ *Power Main Engine*

Semakin Besar main engine, serta jumlah *main engine* maka semakin besar kapasitas tangki yang dibutuhkan. Pada penelitian ini kapal menggunakan 2 *main engine* dengan power 1920 Kw

➤ *Specific Fuel Oil Consumption (SFOC)*

Konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan oleh main engine untuk menghasilkan power per jam .SFOC tiap main engine akan berbeda-beda tergantung power main engine juga pabrikan dari main engine tersebut. SFOC dari main engine yang digunakan di kapal adalah sebesar 194 gr/Kwh

➤ *Endurance*

Lama kapal beroperasi, hal ini tergantung jarak pelayaran, dan juga kecepatan kapal. *Endurance* kapal per trip adalah 96 jam.

Dari parameter diatas untuk mengetahui kebutuhan bahan bakar diperoleh dari hasil perkalian *power main engine* dikali dengan sfoc dikali dengan *endurance* kapal. Untuk perhitungan kebutuhan bahan bakar minyak langkah tersebut sudah cukup, akan tetapi untuk mengetahui kebutuhan bahan bakar gas kita harus melakukan perbandingan antara bahan bakar minyak dan bahan bakar gas dilihat dari LHV masing-masing jenis bahan bakar yang digunakan. Untuk LHV bahan bakar minyak akan berbeda-beda juga tergantung jenis bahan bakar yang digunakan, karena itu harus mengetahui LHV dari bahan bakar yang digunakan. Bahan bakar minyak yang digunakan pada kapal ini adalah HFO dengan LHV sebesar 41,6 mj/kg, sedangkan untuk LHV LNG adalah sebesar 49,5 mj/kg.

Berikut dibawah ini adalah formula untuk menghitung kebutuhan bahan bakar gas:

$$\text{LHV}_{\text{HFO engine}} = \text{LHV}_{\text{HFO}} (\text{mj/Kg}) \times \text{Fuel Consumption} (\text{kg/day}) \dots \dots \dots (i)$$

(Ariffah Fitriana, 2014)

Dimana setelah memperoleh nilai besarnya $\text{LHV}_{\text{HFO engine}}$ dilakukan perhitungan selanjutnya seperti dibawah ini.

$$\text{LHV}_{\text{LNG Engine}} = \text{LHV}_{\text{HFO engine}} (\text{MJ}) \times \text{fuel ratio} \dots \dots \dots (ii)$$

(Ariffah Fitriana, 2014)

Dimana Fuel ratio merefer dari *converter kit* yang dipasang di kapal. Dari Brosur *converter kit* untuk *low-medium speed* (dibawah 1000 rpm) mampu mengatur dual fuel dengan perbandingan bahan bakar gas dengan bahan bakar minyak sebesar 60 – 90 % (www.comap.cz, 20 januari 2015). Serta berdasarkan dari penelitian (Kraipat Cheenkachorn, 2013) diperoleh besarnya komposisi perbandingan bahan bakar gas dengan bahan minyak adalah sebesar 77,9 % pada range putaran 1300 – 1800 rpm. Sehingga pada penelitian ini menggunakan asumsi besarnya fuel ratio adalah sebesar 70 %. Untuk perhitungan selanjutnya adalah sebagai berikut :

$$\text{LNG consumption} = \text{LHV}_{\text{LNG Engine}} (\text{MJ}) / \text{LHV}_{\text{LNG}} (\text{MJ/Kg}) \dots \dots \dots (iii)$$

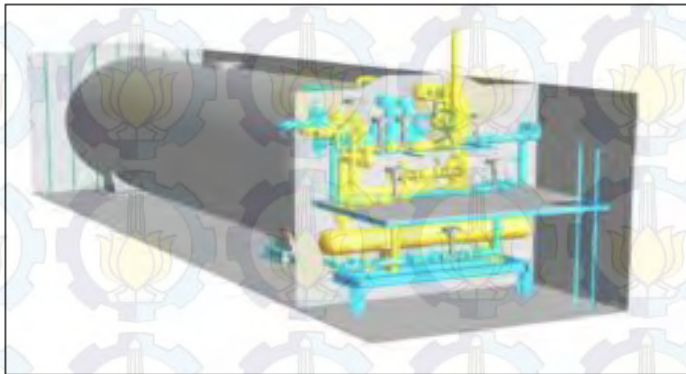
(Ariffah Fitriana, 2014)

Dari langkah perhitungan (i) sampai dengan (iii) diperoleh kebutuhan LNG per hari adalah sebesar $24,07 \text{ m}^3$, sehingga total kebutuhan LNG di kapal untuk *endurance* 96 jam adalah sebesar $96,288 \text{ m}^3$. Dari aturan BKI dimana kapasitas tangki LNG tidak boleh diisi penuh (maksimal 98%), maka diambil besarnya kebutuhan tangki LNG adalah sebesar 100 m^3 yang terdiri dari 2 tangki LNG (masing-masing 50 m^3).

Setelah memperoleh kapasitas LNG yang dibutuhkan maka dilakukan pemilihan tipe tangki yang sesuai dengan kebutuhan. Dari tipe tangki LNG mulai dari tipe A-C (gambar 2.2), tipe C adalah yang sesuai untuk *retrofitting* kapal dari single fuel menjadi *dual fuel*. Karakter type C yang mudah pengaturan penempatannya

dimana bisa diletakan di *deck* kapal maupun di bawah *deck*, sehingga sangat cocok digunakan untuk kapal-kapal yang akan di konversi dari *single fuel* menjadi *dual fuel*. Akibat adanya tangki LNG di deck maka muatan *container* kapal akan berkurang, dari yang semula sebesar 368 TEU menjadi 344 TEU. Pengurangan jumlah muatan *container* ini berakibat pada income yang diperoleh oleh kapal, oleh karena itu pada bab IV.2 akan membahas mengenai analisa ekonomi akibat konversi dual fuel ini.

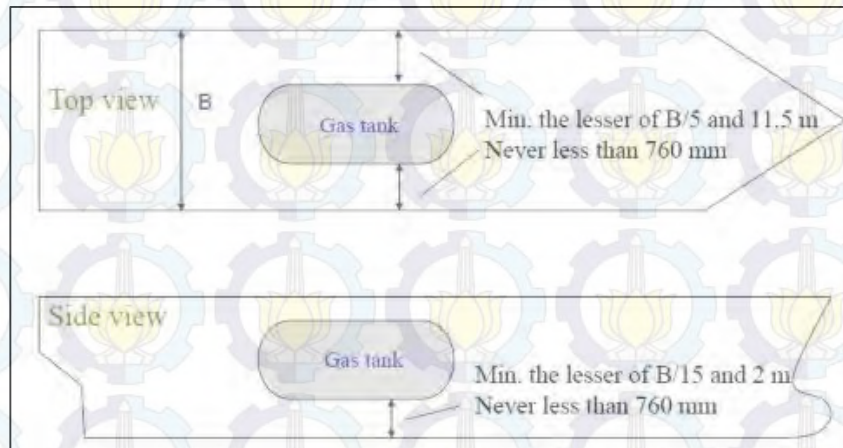
Perkembangan teknologi dalam hal pengangkutan LNG sebagai bahan bakar di kapal saat ini untuk tangki LNG type C adalah dengan digabungnya tangki LNG dengan *Cold box*. Pada *cold box* terdapat beberapa bagian yaitu *master gas valve*, *vaporizer*, sehingga lebih menghemat tempat. Teknologi *one package cold box* dengan *storage tank* saat ini hanya dimiliki oleh wartsila saja, seperti gambar 4.3 *Cold Box* :



Gambar 4.3 Cold Box (www.wartsila.com/lngpac, 20 januari 2015)

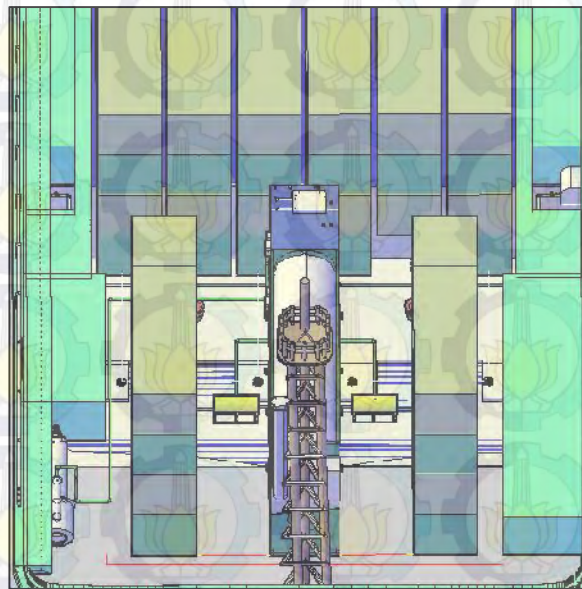
Jika dahulu untuk mengangkut LNG sebagai bahan bakar di kapal membutuhkan ruang yang besar dan komponen pendukung yang banyak, maka sekarang lebih memudahkan *user* untuk menggunakannya. *Cold box* merupakan *gastight space* dimana untuk tiap *main engine* terdapat *valve* sendiri-sendiri. *Vaporizer* nantinya berfungsi untuk mengubah LNG menjadi gas methane yang nantinya akan dialirkan ke *main engine* pada tekanan 4-6 bar. Di dalam *Cold Box* terdapat *Master Gas Valve* dimana juga berfungsi sebagai ESD (*Emergency Shut Down*) jika terjadi kebocoran gas. Pada BKI mengatur peletakan tangki storage yaitu

minimal $B/5$ dari lambung kapal atau tidak kurang dari 760 mm dari lambung kapal (BKI Volume 24, section 2 i tahun 2013), seperti yang ditunjukkan gambar 4.4 :



Gambar 4.4 Aturan Peletakan Tangki (BKI Volume 24, section 2 i tahun 2013)

Berikut gambar 4.5 adalah hasil desain untuk perencanaan penempatan tangki LNG :



Gambar 4.5 Perencanaan Tangki LNG

Selain penempatan tangki LNG yang sesuai dengan aturan class, juga harus dipikirkan beberapa hal oleh seorang konsultan engineering maupun owner :

- Pada kapal lama yang dimodifikasi harus memperhatikan *routing* jalur pipa, dan jalur kelistrikan yang lama, dengan perencanaan yang baru, selain itu harus memperhatikan jarak tangki storage ke Main Engine
- Ruang yang tersedia untuk tangki LNG, serta pipa dari *storage tank* ke *Main Engine* dilarang melewati ruang akomodasi, dan ruang reparasi, dan juga control station. Tekanan di dalam pipa juga tidak boleh melebihi 10 bar.

Material Tangki LNG adalah 304L atau austenitic stainless steel (BKI Vol.24 section 2). Inner tank di desain pada tekanan 7,5 - 9 bar, tangki LNG di desain pada temperature -162°C , dan untuk tank test temperature (Nitrogen Cair) adalah -196°C . Dari beberapa aturan tangki LNG tidak boleh diisi penuh, maksimal pengisian tangki LNG adalah 98 % dari kapasitas tangki itu sendiri.

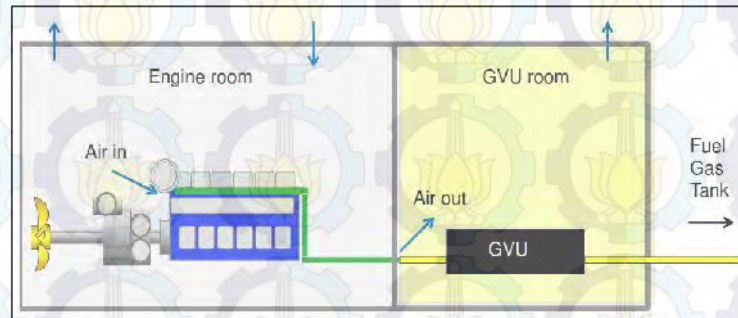
4.1.1.C Inert Gas Generator

Inert gas generator berfungsi untuk menghasilkan nitrogen, yang nantinya digunakan sebagai *purging gas*, maupun sebagai inert gas pada pipa suplai LNG. Inert gas nantinya akan dialirkan pada pipa suplai dari LNG tank ke GUV, pipa dari GUV menuju *Main Engine*. *Inert gas* yang dialirkan ke pipa suplai nantinya juga berfungsi sebagai pengaman untuk mendeteksi kebocoran gas pada *double wall pipe* (BKI vol. 24 section 2H, tahun 2013).

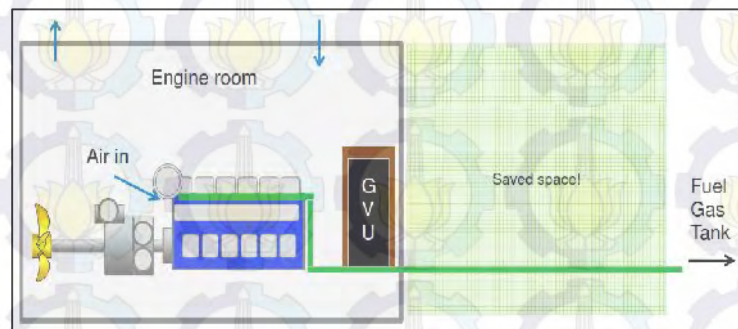
4.1.D. Gas Valve Unit

Fungsi utama dari GUV adalah untuk mensuplai gas bertekanan ke *Main Engine*, dan juga untuk memastikan shut down gas suplai cepat dan handal. GUV terdiri dari 2 *block valve* yang disusun seri, serta 2 *bleed valve*, *actuators*, dan sensor. Dari Komponen komponen diatas, kemudian dirangkai menjadi sebuah piping diagram, dimana untuk pipa yang digunakan adalah *doubled wall* dengan *inert gas* yang mengalir pada ruang antara inner pipe dengan outer pipe. (BKI vol.24, section 2, tahun 2013) Menjelaskan bahwa pipa yang melewati *enclosed space* harus menggunakan *double wall pipe* atau *ventilated duct*, dengan ketentuan jika menggunakan *double wall pipe inert gas* yang mengalir pada ruang *inner pipe* dan

outer pipe tekanannya harus lebih besar dari pada tekanan yang ada pada *inner pipe*.



Gambar 4.6 GUV tipe *un enclosure* (Vladimir potapov, 2011)



Gambar 4.7 GUV enclosure (Vladimir potapov, 2011)

Tipe GUV yang digunakan adalah enclosed karena bisa ditempatkan di engine room tanpa harus membuat ruang sendiri untuk gas valve (wartsilla, GUV tahun 2013). Dengan pemilihan tipe enclosed ini memudahkan dalam proses modifikasi main engine, karena hemat tempat, operasi yang mudah, jalur pipa lebih pendek, control untuk mengecek kebocoran gas juga lebih mudah.

4.1.2. Sistem Safety

Sistem *safety* pada penggunaan LNG sebagai bahan bakar harus diperhatikan dengan baik dan benar, karena jika terjadi kesalahan sedikit akan berakibat fatal berikut dibawah ini adalah sistem *safety* apa saja yang dibutuhkan dalam kapal yang beroperasi menggunakan sistem dual fuel.

4.1.2.A Gas Mast

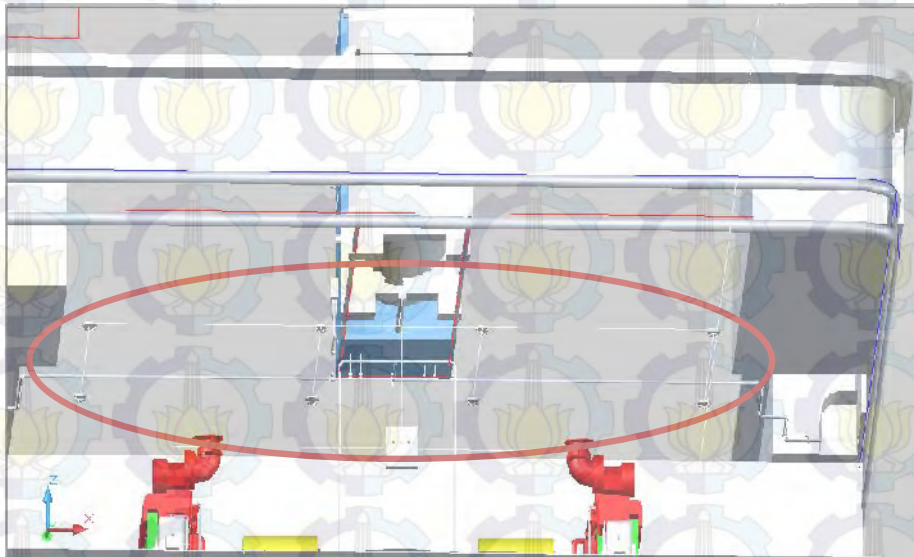
Pada beberapa referensi aturan mengatur mengenai ketinggian dari *gas mast* dari tangki LNG berdasarkan *hazardous area zone*. Untuk area hazardous 1 pada BKI vol.24 section K, ketinggian dari gas outlet atau gas mast ke deck adalah 3 m, ilustrasi pada gambar 4.8 hazardous Area :



Gambar 4.8 Hazardous Area (Vladimir potapov, 2011)

4.1.2.B Gas Detection

Gas detection berfungsi untuk mendeteksi kebocoran gas yang terjadi, bisa sewaktu proses *bunkering* maupun saat proses *feeding* ke *main engine*. Pada BKI vol 24, section 5 diatur untuk gas detection pada tank room (*storage tank* harus dipasang permanen, sedangkan pada *engine room* dipasang dua independen *gas detection*). Untuk storage tank LNG pac sudah terdapat *gas detector*, sedangkan untuk kamar mesin akan dipasang gas detection permanen dengan alaramnya, dimana di setting pada batas LEL (Low Explosive Limit) sebesar 30 % sesuai dengan standar BKI, dan juga terdapat *gas detector portable*, yang digunakan oleh kru kapal untuk cek harian sepanjang pipa LNG tersebut terpasang. Perencanaan gas detection pada kapal ini bisa dilihat pada gambar 4.9 dimana direncanakan jarak tiap gas detection satu dengan gas detection yang lain nya adalah 3 m.



Gambar 4.9 Perencanaan Pemasangan Gas Detector

4.1.2.C Fire Safety

Untuk mengantisipasi adanya kebakaran di kapal, *fire safety* yang dipasang bisa berupa fixed maupun portable. Untuk fixed bisa berupa *fire sprinkler* maupun berupa *hydrant*, sedangkan untuk portable bisa berupa *dry chemical powder*. BKI vol 24 section 3 mengatur mengenai insulation pada bulkhead yang terkait dengan lokasi bahan bakar gas, untuk bulk head di insulation dengan tipe class A-60.

4.1.3. Stabilitas Kapal

Stabilitas adalah keseimbangan dari kapal, merupakan sifat atau kecenderungan dari sebuah kapal untuk kembali kepada kedudukan semula setelah mendapat senget (kemiringan) yang disebabkan oleh gaya-gaya dari luar (Rubianto, 1996). Sama dengan pendapat Wakidjo (1972), bahwa stabilitas merupakan kemampuan sebuah kapal untuk menegak kembali sewaktu kapal menyenget oleh karena kapal mendapatkan pengaruh luar, misalnya angin, ombak dan sebagainya. Secara umum hal-hal yang mempengaruhi keseimbangan kapal dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok besar yaitu :

- Faktor internal yaitu tata letak barang/cargo, bentuk ukuran kapal, kebocoran karena kandas atau tubrukan

- Faktor eksternal yaitu berupa angin, ombak, arus dan badai

Oleh karena itu maka stabilitas erat hubungannya dengan bentuk kapal, muatan, draft, dan ukuran dari nilai GM. Posisi M (Metasentrum) hampir tetap sesuai dengan style kapal, pusat buoyancy B (Bouyancy) digerakkan oleh draft sedangkan pusat gravitasi bervariasi posisinya tergantung pada muatan. Sedangkan titik M (Metasentrum) adalah tergantung dari bentuk kapal, hubungannya dengan bentuk kapal yaitu lebar dan tinggi kapal, bila lebar kapal melebar maka posisi M (Metasentrum) bertambah tinggi dan akan menambah pengaruh terhadap stabilitas.

Kaitannya dengan bentuk dan ukuran, maka dalam menghitung stabilitas kapal sangat tergantung dari beberapa ukuran pokok yang berkaitan dengan dimensi pokok kapal. Ukuran-ukuran pokok yang menjadi dasar dari pengukuran kapal adalah panjang (length), lebar (breadth), tinggi (depth) serta sarat (draft). Sedangkan untuk panjang di dalam pengukuran kapal dikenal beberapa istilah seperti LOA (Length Over All), LBP (Length Between Perpendicular) dan LWL (Length Water Line). Beberapa hal yang perlu diketahui sebelum melakukan perhitungan stabilitas kapal yaitu :

- Berat benaman (isi kotor) atau displasemen adalah jumlah ton air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tenggelam dalam air.
- Berat kapal kosong (Light Displacement) yaitu berat kapal kosong termasuk mesin dan alat-alat yang melekat pada kapal.
- Operating Load (OL) yaitu berat dari sarana dan alat-alat untuk mengoperasikan kapal dimana tanpa alat ini kapal tidak dapat berlayar.

$$\text{Displ} = \text{LD} + \text{OL} + \text{Muatan}$$

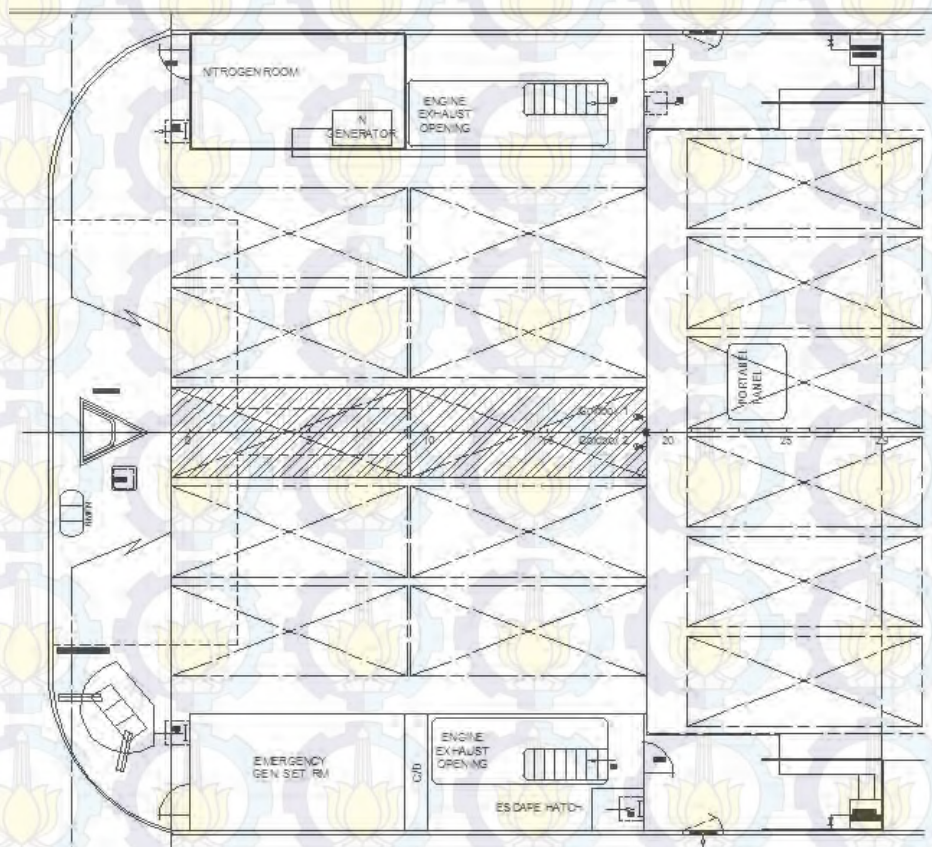
$$\text{DWT} = \text{OL} + \text{Muatan}$$

Stabilitas awal ditentukan oleh 3 buah titik yaitu titik berat (Center of gravity) atau biasa disebut titik G, titik apung (Center of buoyance) atau titik B dan titik meta sentris (**Meta centris**) atau titik M. Akibat penambahan tangki LNG maka akan dihitung stabilitas kapal dengan 4 kondisi yaitu Kondisi Ballast bahan bakar

penuh, kondisi ballast bahan bakar 10 %, kondisi full container bahan bakar penuh, dan kondisi full container bahan bakar 10 %.

4.1.3.A Stabilitas Kapal Kondisi Ballast bahan bakar penuh

Untuk menghitung kondisi ballast dibutuhkan input data dari hydrostatic table yang telah di approve oleh class. Dari Tabel hydrostatic data yang dibutuhkan dimasukan ke dalam excel, untuk dihitung lagi Metacenter height (MG), dan menghitung VCG (*Vertical Centre Gravity*) dan LCG (*Long Centre Gravity*) tangki LNG. Penempatan Tangki LNG harus sesuai dengan aturan class, dan juga sebisa mungkin ditempatkan dekat dengan center line kapal, agar perubahan TCG kapal tidak terlalu besar. Berikut dibawah ini adalah gambar 4.10 peletakan tangki LNG pada Frame -1 sampai 19 :



Gambar 4.10 Peletakan Tangki LNG

Untuk menghitung VCG dan LCG tangki LNG bisa dilakukan dengan cara mengukur jarak dari baseline ke tangki LNG (VCG), dan juga dengan mengukur jarak dari midship ke tangki storage (LCG). Setelah diperoleh nilai VCG dan LCG maka diketahui displacement yang baru, untuk nantinya akan diketahui draft pada displacement yang baru tersebut, dengan cara interpolasi. Dimana untuk menghitungnya harus melihat hydrostatic table pada kondisi batas atas displacement yang baru, dan juga batas bawah dari displasemen yang baru. Berikut dibawah ini adalah Hasil perhitungan pada stabilitas kondisi ballast bahan bakar penuh.

Tabel 4.1 Perhitungan Displacement bahan bakar penuh

No.	Item	Weight (ton)	LC-G (m)	VCG (m)	Moment to (ton.m)		M.I. (ton.m)
					AP-G	KG	
1	Light ship weight	2453.610	49.360	5.141	121110.190	12614.009	0.000
2	Provision	3.000	49.302	5.141	147.906	15.423	0.000
3	Crew	2.250	49.302	5.141	110.930	11.567	0.000
4	F.W.T. no.1 (P&S)	207.960	84.554	3.670	17583.850	763.213	118.910
5	F.W.T no.2 (P)	6.050	3.300	5.092	19.965	30.807	1.100
6	HFO D. Tank 1 (P)	12.230	25.558	3.600	312.574	44.028	2.660
7	HFO D. Tank 2 (P)	12.230	23.570	3.600	288.261	44.028	2.660
8	HFO settling Tank (P)	14.700	20.588	3.600	302.644	52.920	1.160
9	HFO Tank no. 1 (P&S)	470.060	33.915	3.642	15942.086	1711.959	114.970
10	HFO tank no.2 (C)	25.380	16.219	0.801	411.638	20.329	105.920
11	MGO day Tank no.1 (P)	3.360	5.400	5.097	18.144	17.126	0.150
12	MGO day Tank no.2 (P)	3.330	5.400	5.087	17.982	16.940	0.150
13	MGO tank no.1 (P&S)	78.280	28.622	3.658	2240.530	286.348	4.900
14	MGO tank no.2 (P&S)	38.320	14.998	3.378	574.723	129.445	31.970
15	LOCIRC (P&S)	11.300	13.862	0.924	156.641	10.441	2.970
16	ME-LOSTOR (S)	10.880	4.200	5.092	45.696	55.401	1.970
17	AE-LOSTOR (S)	1.810	6.300	5.092	11.403	9.217	0.330
18	Dirty Oil Tank (P)	0.420	13.585	0.886	5.706	0.372	0.490
19	Bilge Holding Tank (S)	0.470	13.585	0.886	6.385	0.416	0.540
20	Void SWB tank 1 (P&S)	458.736	77.373	3.634	35493.781	1667.047	430.420
21	Void SWB tank 2 (P&S)	522.096	65.480	3.631	34186.846	1895.731	489.140
22	Void SWB tank 3 (P&S)	270.948	55.865	3.631	15136.510	983.812	253.840
23	Void SWB tank 4 (P&S)	535.956	46.082	3.631	24697.924	1946.056	502.130
24	Void SWB tank 5 (P)	53.430	22.576	3.604	1206.236	192.562	11.030
25	Void SWB tank 5 (S)	163.968	22.576	3.631	3701.742	595.368	307.240
26	FPT-SWB (C)	86.412	96.766	2.858	8361.744	246.965	173.330
27	SWB Tank no.1 (P&S)	270.180	89.637	3.213	24218.125	868.088	167.700
28	SWB Tank no.2 (P&S)	229.860	78.826	0.701	18118.944	161.132	1237.420
29	SWB Tank no.3 (P&S)	318.468	62.195	0.699	19807.117	222.609	1767.990
30	SWB Tank no.4 (P&S)	215.232	46.082	0.699	9918.321	150.447	1194.850
31	SWB Tank no.5 (P&S)	215.844	33.068	0.699	7137.529	150.875	1198.160
32	SWB Tank no.6 (P&S)	128.424	22.641	0.712	2907.648	91.438	730.160
33	SWB Tank no.7 (P&S)	167.892	3.462	4.462	581.242	749.134	298.210
34	Heeling tank (P&S)	225.360	33.068	2.962	7452.204	667.516	18.080
35	LNG tank	100.000	42.950	5.800	4295.000	580.000	1810.630
		7318.446	51.45	3.69	376528.16	27002.77	10861.17

Sudut dari kapal container ini adalah 5° , 10° , 20° , 30° , 40° , 50° , dan 60° , Untuk detail perhitungan nya bisa dilihat pada lampiran. Hasil dari perhitungan ini adalah nilai-nilai seperti dibawah ini :

Keel to metacenter height (KM) = 11,182 m

Keel to center of gravity height (KG) = 3,69 m

Metacenter height (MG) = $KM - KG = 7,49$ m

Free surface area reduction (GG') = 1,484 m

Corrected metacenter height (MG') = $MG - GG' = 6,008$ m

Corrected keel to c.g. height (KG') = $KM - MG' = 5,174$ m

Keel to center of buoyancy height (KB) = 2,164 m (Diperoleh dari Interpolasi pada *hydrostatic table*). Kurva stabiitas perlu dibuat untuk mengetahui luas area pada sudut 30° , dan sudut 40°

4.1.3.B Stabilitas Kapal Kondisi Ballast bahan bakar 10 %

Langkah menghitung kondisi ini adalah sama seperti tahap IV.1.3.A namun untuk kondisi tangki bahan bakarnya adalah sebesar 10%. Dapat dilihat pada tabel dibawah ini bahwa displasemen pada kondisi ballast dengan bahan bakar penuh lebih besar, jika dibandingkan dengan displasemen kondisi ballast dengan tangki bahan bakar 10%. Dari perhitungan KM sampai KG' dibuatlah kurva stabilitas dengan displasemen yang sesuai dengan kondisi ini.

Tabel 4.2. Perhitungan Displacement bahan bakar 10%

No.	Item	Weight (ton)	LC-G (m)	VCG (m)	Moment to (ton.m)		M.I. (ton.m)
					AP-G	KG	
1	Light ship weight	2453.610	49.360	5.141	121110.190	12614.009	0.000
2	Provision	0.300	50.536	5.141	15.161	1.542	0.000
3	Crew & effect	2.250	50.536	5.141	113.706	11.567	0.000
4	F.W.T. no.1 (P&S)	21.240	84.541	1.620	1795.651	34.409	92.750
5	F.W.T no.2 (P)	0.620	3.300	4.289	2.046	2.659	1.100
6	HFO D. Tank 1 (P)	1.250	25.558	2.430	31.948	3.038	2.660
7	HFO D. Tank 2 (P)	1.250	23.570	2.430	29.463	3.038	2.660
8	HFO settling Tank (P)	1.500	20.588	2.430	30.882	3.645	1.160
9	HFO Tank no. 1 (P&S)	47.960	33.909	5.414	1626.276	259.655	114.970
10	HFO tank no.2 (C)	2.590	16.376	0.000	42.414	0.000	91.220
11	MGO day Tank no.1 (P)	0.340	5.400	4.290	1.836	1.459	0.150
12	MGO day Tank no.2 (P)	3.390	5.400	4.289	18.306	14.540	0.150
13	MGO tank no.1 (P&S)	7.980	28.622	1.608	228.404	12.832	4.900
14	MGO tank no.2 (P&S)	3.920	16.243	0.494	63.673	1.936	10.590
15	LOCIRC (P&S)	1.160	14.317	0.366	16.608	0.425	2.490
16	ME-LOSTOR (S)	1.110	4.200	4.289	4.662	4.761	1.970
17	AE-LOSTOR (S)	0.190	6.300	4.289	1.197	0.815	0.330
18	Dirty Oil Tank (P)	4.120	14.198	0.288	58.496	1.187	0.350
19	Bilge Holding Tank (S)	4.580	14.198	0.288	65.027	1.319	0.390
20	Void SWB tank 1 (P&S)	458.736	77.350	1.607	35483.230	737.189	424.160
21	Void SWB tank 2 (P&S)	522.096	65.480	1.605	34186.846	837.964	489.140
22	Void SWB tank 3 (P&S)	270.948	55.865	1.605	15136.510	434.872	253.840
23	Void SWB tank 4 (P&S)	535.956	46.082	1.605	24697.924	860.209	502.130
24	Void SWB tank 5 (P)	53.430	22.577	1.603	1206.289	85.648	11.030
25	Void SWB tank 5 (S)	163.968	22.576	1.605	3701.742	263.169	307.240
26	FPT-SWB (C)	86.412	96.442	0.461	8333.746	39.836	68.740
27	SWB Tank no.1 (P&S)	270.180	89.318	0.437	24131.937	118.069	64.860
28	SWB Tank no.2 (P&S)	229.860	78.793	0.074	18111.359	17.010	991.260
29	SWB Tank no.3 (P&S)	318.468	62.198	0.074	19808.073	23.567	1459.270
30	SWB Tank no.4 (P&S)	215.232	46.081	0.074	9918.106	15.927	986.240
31	SWB Tank no.5 (P&S)	215.844	33.068	0.074	7137.529	15.972	988.860
32	SWB Tank no.6 (P&S)	128.424	22.984	0.090	2951.697	11.558	548.720
33	SWB Tank no.7 (P&S)	167.892	5.155	2.760	865.483	463.382	102.520
34	Seeling tank (P&S)	225.360	33.088	0.359	7452.204	80.904	16.250
35	LNG tank	57.700	42.950	5.800	2478.215	334.660	1810.630
		6479.866	52.60	2.67	340856.83	17312.77	9258.88

Sudut dari kapal container ini adalah 5°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, dan 60°, Untuk detail perhitungannya bisa dilihat pada lampiran.

4.1.3.C Stabilitas Kapal Kondisi Full Container bahan bakar penuh

Pada kondisi ini stabilitas kapal full container 344 TEU, dengan tangki bahan bakar penuh, dibandingkan dengan sebelum di konversi muatan container yang mampu di tampung oleh kapal adalah 368 TEU, berikut dibawah ini adalah hasil perhitungan displacement baru akibat penambahan tangki LNG :

Tabel 4.3. Perhitungan displasemen full container

No.	Item	Weight (ton)	LC-G (m)	VCG (m)	Moment to (ton.m)		M.I. (ton.m)
					AP-G	KG	
1	Light ship weight	2453.610	49.360	5.141	121110.190	12614.009	0.000
2	Container	3444.673	49.040	5.800	168926.764	19979.103	0.000
3	Provision	3.000	49.302	5.141	147.906	15.423	0.000
4	Crew	2.250	49.302	5.141	110.930	11.567	0.000
5	F.W.T. no.1 (P&S)	115.002	84.554	3.670	9723.869	422.057	118.910
6	F.W.T no.2 (P)	3.346	3.300	5.092	11.041	17.036	1.100
7	HFO D. Tank 1 (P)	5.540	25.558	3.600	141.596	19.945	2.660
8	HFO D. Tank 2 (P)	5.540	23.570	3.600	130.582	19.945	2.660
9	HFO settling Tank (P)	6.659	20.588	3.600	137.098	23.973	1.160
10	HFO Tank no. 1 (P&S)	212.937	33.915	3.642	7221.764	775.517	114.970
11	HFO tank no.2 (C)	11.497	16.219	0.801	186.472	9.209	105.920
12	MGO day Tank no.1 (P)	1.226	5.400	5.097	6.623	6.251	0.150
13	MGO day Tank no.2 (P)	1.215	5.400	5.087	6.563	6.183	0.150
14	MGO tank no.1 (P&S)	28.572	28.622	3.658	817.794	104.517	4.900
15	MGO tank no.2 (P&S)	13.987	14.998	3.378	209.774	47.247	31.970
16	LOCIRC (P&S)	11.300	13.862	0.924	156.641	10.441	2.970
17	ME-LOSTOR (S)	10.880	4.200	5.092	45.696	55.401	1.970
18	AE-LOSTOR (S)	1.810	6.300	5.092	11.403	9.217	0.330
19	Dirty Oil Tank (P)	0.420	13.585	0.886	5.706	0.372	0.490
20	Bilge Holding Tank (S)	0.470	13.585	0.886	6.385	0.416	0.540
21	Void SWB tank 1 (P&S)	116.978	77.373	3.634	9050.914	425.097	430.420
22	Void SWB tank 2 (P&S)	133.134	65.480	3.631	8717.646	483.411	489.140
23	Void SWB tank 3 (P&S)	69.092	55.865	3.631	3859.810	250.872	253.840
24	Void SWB tank 4 (P&S)	136.669	46.082	3.631	6297.971	496.244	502.130
25	Void SWB tank 5 (P)	13.625	22.576	3.604	307.590	49.103	11.030
26	Void SWB tank 5 (S)	41.812	22.576	3.631	943.944	151.819	307.240
27	FPT-SWB (C)	22.035	96.766	2.858	2132.245	62.976	173.330
28	SWB Tank no.1 (P&S)	68.896	89.637	3.213	6175.622	221.363	167.700
29	SWB Tank no.2 (P&S)	58.614	78.826	0.701	4620.331	41.089	1237.420
30	SWB Tank no.3 (P&S)	81.209	62.195	0.699	5050.815	56.765	1767.990
31	SWB Tank no.4 (P&S)	54.884	46.082	0.699	2529.172	38.364	1194.850
32	SWB Tank no.5 (P&S)	55.040	33.068	0.699	1820.070	38.473	1198.160
33	SWB Tank no.6 (P&S)	32.748	22.641	0.712	741.450	23.317	730.160
34	SWB Tank no.7 (P&S)	42.812	3.462	4.462	148.217	191.029	298.210
35	Heeling tank (P&S)	57.467	33.068	2.962	1900.312	170.217	18.080
36	LNG tank	100.000	42.950	5.800	4295.000	580.000	1810.630
		7418.951	49.56	5.04	367705.90	37427.97	10861.17

4.1.3.D Stabilitas Kapal Kondisi Full Container bahan bakar 10%

Kondisi terakhir yang akan dihitung pada penelitian ini adalah kondisi kapal full container, dengan bahan bakar 10 %.berikut dibawah ini adalah hasil dari perhitungan displasemen kapal yang baru akibat penambahan tangki LNG di kapal.

Tabel 4.4. Perhitungan displasemen full container, bahan bakar 10%

No.	Item	Weight (ton)	LC-G (m)	VCG (m)	Moment to (ton.m)		M.I. (ton.m)
					AP-G	KG	
1	Light ship weight	2453.610	49.360	5.141	121110.190	12614.009	0.000
2	Container	3444.673	49.040	5.800	168926.764	19979.103	0.000
3	Provision	0.300	49.302	5.141	14.791	1.542	0.000
4	Crew	2.250	49.302	5.141	110.930	11.567	0.000
5	F.W.T. no.1 (P&S)	11.500	84.554	3.670	972.387	42.206	118.910
6	F.W.T no.2 (P)	0.335	3.300	5.092	1.104	1.704	1.100
7	HFO D. Tank 1 (P)	0.554	25.558	3.600	14.160	1.994	2.660
8	HFO D. Tank 2 (P)	0.554	23.570	3.600	13.058	1.994	2.660
9	HFO settling Tank (P)	0.666	20.588	3.600	13.710	2.397	1.160
10	HFO Tank no. 1 (P&S)	21.294	33.915	3.642	722.176	77.552	114.970
11	HFO tank no.2 (C)	1.150	16.219	0.801	18.647	0.921	105.920
12	MGO day Tank no.1 (P)	0.123	5.400	5.097	0.662	0.625	0.150
13	MGO day Tank no.2 (P)	0.122	5.400	5.087	0.666	0.618	0.150
14	MGO tank no.1 (P&S)	2.857	28.622	3.658	81.779	10.452	4.900
15	MGO tank no.2 (P&S)	1.399	14.998	3.378	20.977	4.725	31.970
16	LOCIRC (P&S)	11.300	13.862	0.924	156.641	10.441	2.970
17	ME-LOSTOR (S)	10.880	4.200	5.092	45.696	55.401	1.970
18	AE-LOSTOR (S)	1.810	6.300	5.092	11.403	9.217	0.330
19	Dirty Oil Tank (P)	4.120	13.585	0.886	55.970	3.650	0.490
20	Bilge Holding Tank (S)	4.580	13.585	0.886	62.219	4.058	0.540
21	Void SWB tank 1 (P&S)	116.978	77.373	3.634	9050.914	425.097	430.420
22	Void SWB tank 2 (P&S)	133.134	65.480	3.631	8717.646	483.411	489.140
23	Void SWB tank 3 (P&S)	69.092	55.865	3.631	3859.810	250.872	253.840
24	Void SWB tank 4 (P&S)	136.669	46.082	3.631	6297.971	496.244	502.130
25	Void SWB tank 5 (P)	13.625	22.576	3.604	307.590	49.103	11.030
26	Void SWB tank 5 (S)	41.812	22.576	3.631	943.944	151.819	307.240
27	FPT-SWB (C)	22.035	96.766	2.858	2132.245	62.976	173.330
28	SWB Tank no.1 (P&S)	68.896	89.637	3.213	6175.622	221.363	167.700
29	SWB Tank no.2 (P&S)	58.614	78.826	0.701	4620.331	41.089	1237.420
30	SWB Tank no.3 (P&S)	81.209	62.195	0.699	5050.815	56.765	1767.990
31	SWB Tank no.4 (P&S)	54.884	46.082	0.699	2529.172	38.364	1194.850
32	SWB Tank no.5 (P&S)	55.040	33.068	0.699	1820.070	38.473	1198.160
33	SWB Tank no.6 (P&S)	32.748	22.641	0.712	741.450	23.317	730.160
34	SWB Tank no.7 (P&S)	42.812	3.462	4.462	148.217	191.029	298.210
35	Heeling tank (P&S)	57.467	33.068	2.962	1900.312	170.217	18.080
36	LNG tank	57.700	42.950	5.800	2478.215	334.660	1810.630
		7016.791	49.76	5.11	349128.24	35868.98	10861.17

Berikut dibawah ini adalah hasil resume 4 kondisi dengan penambahan tangki LNG di deck kapal, jika dibandingkan dengan kondisi sebelum adanya penambahan tangki LNG di kapal.

Tabel 4.5. Resume stabilitas existing dengan penambahan LNG

Item	Unit	Condition								IMO Req.
		Ballast				Full Container				
		1	a	2	b	3	c	4	d	
Area of static stability lever up to 30o	mrad	0.985	0.9445	1.28	1.0589	0.802	0.4926	0.769	0.514	> 0.0550
Area of static stability lever up to 40o	mrad	1.38	1.4453	2.086	1.6438	1.24	0.6563	1.183	0.6889	> 0.09
Area of static stability lever between 30o to 40o	mrad	0.395	0.5008	0.806	0.5849	0.438	0.1637	0.414	0.1749	> 0.03
Minimum stability lever for angle ≥ 30o	mrad	3.145	2.939	4.4527	3.418	2.5251	1.228	2.427	1.316	> 0.2
Angle for maximum static stability lever	degree	52.87	29.25	37.87	30.01	30	25	30	25	> 15
Initial MG	m	6.01	7.628	7.74	8.211	4.6107	4.513	4.7308	4.51	> 0.15

Keterangan untuk tabel diatas:

- 1 adalah Kondisi Ballast dengan kondisi tangki bahan bakar penuh dengan penambahan tangki LNG
- a adalah Kondisi *existing* Ballast dengan kondisi tangki bahan bakar penuh
- 2 adalah Kondisi Ballast dengan kondisi tangki bahan bakar 10 % dengan penambahan tangki LNG
- b adalah Kondisi *existing* Ballast dengan kondisi tangki bahan bakar 10%
- 3 adalah kondisi full container dengan bahan bakar penuh dengan penambahan tangki LNG
- c adalah kondisi *existing* full container dengan bahan bakar penuh
- 4 adalah kondisi full container dengan bahan bakar 10 % dengan penambahan tangki LNG
- d adalah kondisi *existing* full container dengan bahan bakar 10 %

Dari resume perbandingan diatas diperoleh kesimpulan bahwa dengan penambahan tangki LNG pada centerline di frame -1 sampai 19 perubahan titik

MG semakin tinggi, seperti pada kondisi 3 dengan c dimana pada kondisi c MG hanya setinggi 4,513 m sedangkan pada kondisi 3 setinggi 4,61 m, jika jarak dari titik G ke M kecil atau sama dengan 0 maka saat kapal mengalami kemiringan akan sulit untuk kembali ke titik semula. Kenaikan nilai MG terjadi hanya pada kondisi 3 dan 4, namun pada kondisi 1 dan 2, MG kapal mengalami penurunan karena adanya penambahan berat berupa tangki LNG diatas deck kapal.

Penambahan tangki LNG juga berpengaruh terhadap komponen stabilitas kapal yang lain nya, seperti pada area stabilitas pada sudut 30° pada kondisi 1 sampai kondisi 4 mengalami kenaikan dibandingkan dengan kondisi existing a-d. Dari semua komponen standard IMO masih terpenuhi, karena untuk mengecek stabilitas tidak bisa hanya diukur dari satu komponen saja. Jadi dapat disimpulkan bahwa dengan adanya penambahan tangki stabilitas kapal masih sangat stabil, hal ini bisa ditinjau dari semua poin penting untuk stabilitas seperti yang ada pada tabel 4.5.

4.2 Analisa Ekonomi

Sesuai dengan tujuan studi kelayakan modifikasi dual fuel kapal selain tinjauan teknis, juga perlu ditinjau dari segi ekonomi. Profit merupakan daya tarik utama untuk setiap pengusaha, dalam hal ini dari segi teknis perubahan modifikasi kapal dual fuel sangat memungkinkan untuk dilakukan, akan tetapi jika ditinjau dari segi ekonomi perlu di analisa. Pada bab ini akan menghitung dan membahas analisa ekonomi untuk perubahan modifikasi dual fuel tersebut jika dibandingkan dengan single fuel (kapal tetap menggunakan bahan bakar minyak untuk main engine nya).

4.2.1 Payback Period

Payback period dari suatu investasi menggambarkan panjang waktu yang diperlukan agar dana yang tertanam pada suatu investasi dapat diperoleh kembali seluruhnya. Analisis payback period dalam studi kelayakan perlu juga ditampilkan untuk mengetahui seberapa lama usaha / proyek yang dikerjakan baru dapat mengembalikan investasi. Metode analisis payback period bertujuan untuk mengetahui seberapa lama (periode) investasi akan dapat dikembalikan saat terjadinya kondisi break even-point (jumlah arus kas masuk sama dengan jumlah arus kas keluar). Analisis payback period dihitung dengan cara menghitung waktu yang diperlukan pada saat total arus kas masuk sama dengan total arus kas keluar. Dari hasil analisis payback period ini nantinya alternatif yang akan dipilih adalah alternatif dengan periode pengembalian lebih singkat. Penggunaan analisis ini hanya disarankan untuk mendapatkan informasi tambahan guna mengukur seberapa cepat pengembalian modal yang diinvestasikan. Untuk menghitung payback period harus menghitung *income expenditure* (Pemasukan), dan *outcome expenditure* (Pengeluaran). Jangka waktu investasi untuk kapal yang ideal adalah 20 tahun (David G.M Watson, practical ship design, 1998). Dari payback period nanti bisa dibandingkan mana yang lebih menguntungkan antara single fuel dan dual fuel.

4.2.1.A Income Expenditure

Income expenditure untuk pemilik kapal ditinjau dari pendapatan pengiriman container yang bisa dilakukan per tahun, dimana income expenditure dari tahun ke tahun mengalami kenaikan biaya pengiriman. Di asumsikan kenaikan biaya pengiriman adalah konstan sebesar 5 %. Pada kapal Container juga di asumsikan selalu dalam muatan penuh, saat kapal menggunakan single fuel (bahan bakar minyak) mampu mengangkut 368 TEU, sedangkan saat kapal dimodifikasi hanya mampu mengangkut container sebanyak 344 TEU.

1 trip kapal membutuhkan waktu 4 hari, dimana efektif kerja operasional kapal adalah 360 hari. Disini juga diperhitungkan perbaikan kapal yang akan berakibat pada perbedaan income expenditure kapal dari tahun ke tahun. Perbaikan kapal annual survey dilakukan selama 7 hari, sedangkan untuk intermediate survey dilakukan selama 15 hari, dan untuk special survey dilakukan selama 30 hari. Masing-masing survey dilakukan sesuai dengan prosedur class yaitu untuk annual survey dilakukan setahun sekali, sedangkan untuk intermediate survey dilakukan tiap dua tahun sekali, tapi bisa dilakukan pada tahun ketiga sehingga di penelitian ini akan menggunakan tahun ketiga untuk intermediate survey. Special survey dilakukan 5 tahun sekali.

Untuk jumlah trip dari tahun ke tahun akan mengacu seperti jumlah trip pada tahun ke 1 sampai dengan ke 5. Untuk perhitungan trip kapal adalah sebagai berikut :

Operasional kapal = 360 Hari

1 trip = 4 hari

Annual survey = 7 hari

Trip tahun ke 1 = $(360-7) / 4$

Trip Tahun ke 1 = 88 Trip

Trip tahun ke 1 akan sama untuk tahun ke 2, 4, 6-7, 9, 11-12, 14, 16-17, dan 19

Intermediete survey = 15 hari

Trip tahun ke 3 = $(360-15) / 4$

Trip tahun ke 3 = 86 trip

Trip tahun ke 3 akan sama untuk tahun ke 8, 13, dan tahun ke 18

Special survey = 30 hari

Trip Tahun ke 5 = $(360-30) / 4$

Trip tahun ke 5 = 83 Trip

Trip tahun ke 5 akan sama untuk tahun ke 10, 15, dan tahun ke 20.

Biaya pengiriman per TEU adalah 400 USD (Terminal Peti kemas Surabaya, 2014). Berikut dibawah ini adalah hasil perhitungan income expenditure kapal dengan single fuel (bahan bakar minyak) :

Tabel 4.6. Income Expenditure Single Fuel

Tahun ke	Cost per TEU (\$)	Inc Ex Total (\$)
1	400	12,953,600
2	420	13,601,280
3	431	13,624,464
4	441	14,289,845
5	452	13,814,870
6	464	15,013,268
7	475	15,388,600
8	487	15,414,830
9	499	16,167,648
10	512	15,630,257
11	525	16,986,135
12	538	17,410,788
13	551	17,440,466
14	565	18,292,209
15	579	17,684,201
16	593	19,218,253
17	608	19,698,709
18	623	19,732,286
19	639	20,695,956
20	655	20,008,051

Income expenditure total diperoleh dari perhitungan sebagai berikut :

Trip tahun ke 1 = 88 trip

Container capacity = 368 TEU

Biaya per TEU = \$ 400

Income Expenditure total tahun ke 1 = $88 \times 368 \times 400$

Income Expenditure total tahun ke 1 = \$ 12.953.600

Begitu seterusnya dihitung sesuai jumlah trip per tahun. Cara perhitungan ini pun akan sama pada perhitungan income expenditure pada dual fuel. Berikut dibawah ini adalah hasil perhitungan income expenditure dual fuel.

Tabel 4.7. Income Expenditure Dual Fuel

Tahun ke	Cost per TEU (\$)	Inc Ex Total (\$)
1	400	12,108,800
2	420	12,714,240
3	431	12,735,912
4	441	13,357,898
5	452	12,913,900
6	464	14,034,142
7	475	14,384,996
8	487	14,409,515
9	499	15,113,236
10	512	14,610,893
11	525	15,878,344
12	538	16,275,302
13	551	16,303,044
14	565	17,099,239
15	579	16,530,884
16	593	17,964,888
17	608	18,414,010
18	623	18,445,398
19	639	19,346,220
20	655	18,703,178

Dari hasil income expenditure tabel 4.6 dan tabel 4.7 diketahui bahwa income expenditure untuk single fuel lebih besar jika dibandingkan dengan dual fuel, hal ini dikarenakan pada dual fuel jumlah muatan containernya lebih sedikit yaitu 344 TEU. Setelah perhitungan income expenditure maka akan dilanjutkan dengan

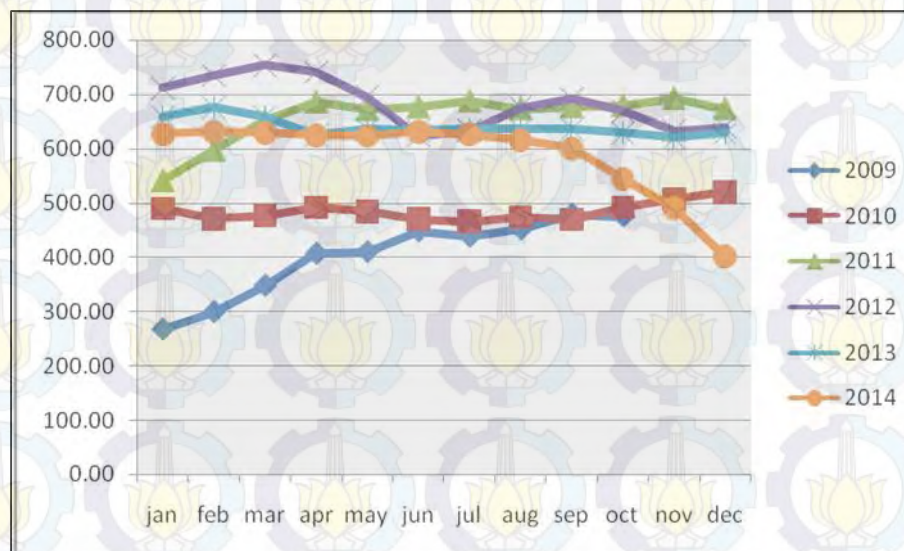
perhitungan outcome expenditure untuk masing-masing baik single fuel maupun dual fuel.

4.2.1.B Outcome Expenditure

Outcome expenditure adalah pengeluaran yang dilakukan oleh owner kapal, outcome expenditure sendiri banyak komponen- komponen nya seperti maintenance cost, gaji ABK, asuransi, logistic kru selama berayar, biaya bahan bakar, biaya minyak pelumas, dan biaya manajemen (M. Yamin Jinca, Transportasi Laut Indonesia, 2011). Berikut dibawah ini adalah rincian perhitungan outcome expenditure.

I. Biaya Bahan Bakar

Biaya bahan bakar dihitung berdasarkan jumlah trip dalam satu tahun, sehinggann jumlah biaya bahan bakar akan berbeda dari tahun ke tahun tergantung jumlah trip, dan juga kenaikan harga minyak dunia. Yang pertama adalah menghitung besarnya kebutuhan bahan bakar minyak di kapal selama setahun. Minyak yang akan digunakan di kapal ini adalah HFO atau setara dengan IFO 180. Pada gambar 4.11 adalah grafik perubahan harga HFO dari tahun 2009 – 2014.



Gambar 4.11 Fluktuasi Harga HFO (www.bunkeringindex.com, 20 januari 2015)

Dari gambar 4.9 terlihat bahwa harga minyak sangat tidak stabil, pemilik kapal tidak akan pernah mengetahui kapan harga minyak akan turun dan naik. Hasil statistik harga HFO dari tahun 2009-2014 mengalami kenaikan rata-rata sebesar 9.08 %, namun pada penelitian ini akan menggunakan kenaikan harga HFO konstan per tahun nya yaitu sebesar 5 % (setara dengan kenaikan harga LNG). Biaya bahan bakar dihitung berdasarkan jarak pelayaran, dan lama perjalanan seperti pada perhitungan kapasitas tangki LNG storage. Pada tabel 4.8 adalah hasil perhitungan besarnya biaya bahan bakar dari tahun ke 1 sampai tahun ke 20 :

Tabel 4.8 Biaya Bahan Bakar

Tahun	Harga HFO (\$)	Fuel Cost (\$)
1	632.5	4,118,840
2	664.1	4,324,782
3	697.3	4,437,816
4	732.2	4,768,072
5	768.8	4,722,017
6	807.2	5,256,800
7	847.6	5,519,640
8	890.0	5,663,903
9	934.5	6,085,403
10	981.2	6,026,623
11	1,030.3	6,709,156
12	1,081.8	7,044,614
13	1,135.9	7,228,735
14	1,192.7	7,766,687
15	1,252.3	7,691,668
16	1,314.9	8,562,773
17	1,380.7	8,990,911
18	1,449.7	9,225,901
19	1,522.2	9,912,480
20	1,598.3	9,816,734

Harga HFO pada tabel 4.8 adalah harga dollar per ton. Cara menghitung besarnya biaya bahan bakar adalah sebagai berikut :

Kebutuhan Bahan bakar minyak perhari adalah = 18,5 ton

Harga HFO per ton = \$ 632,5 (www.shipandbunker.com)

Hari untuk sekali trip = 4 Hari

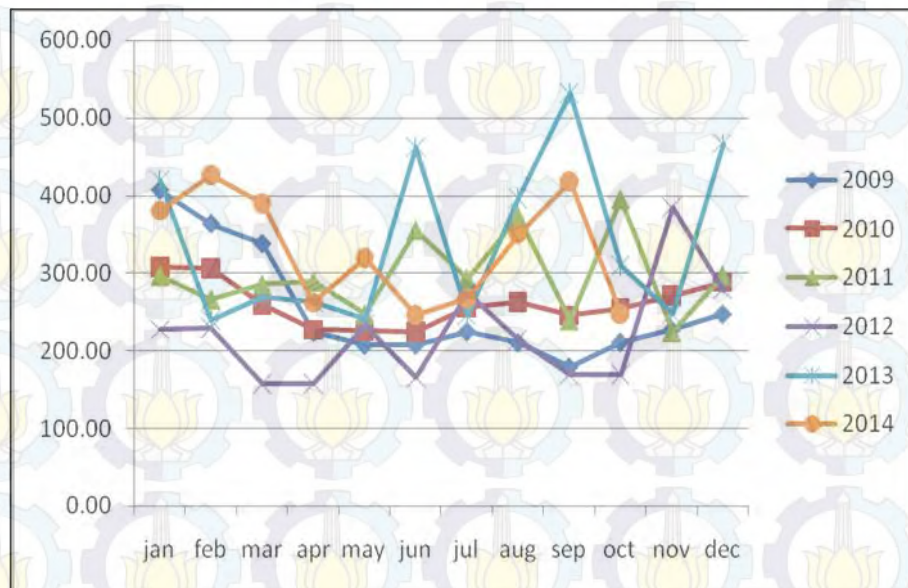
Trip tahun ke 1 = 88 Trip

Biaya bahan bakar tahun ke 1 = $18,5 \times 632,5 \times 4 \times 88$

Biaya bahan bakar tahun ke 1 = \$ 4.118.840

Untuk tahun-tahun selanjutnya sampai tahun ke 20, sesuai dengan jumlah trip pada masing-masing tahun.

Sedangkan untuk biaya bahan bakar dengan menggunakan dual fuel, harus dihitung terlebih dahulu besarnya kebutuhan percampuran masing-masing bahan bakar baik bahan bakar minyak maupun bahan bakar gas. Kenaikan harga LNG dari tahun 2009 sampai dengan tahun 2014 seperti gambar 4.10 :



Gambar 4.12 Fluktuasi Harga LNG (www.insee.fr, 20 januari 2015)

Dari gambar 4.10, diperoleh statistik kenaikan rata-rata harga LNG adalah sebesar 5,08 %, untuk penelitian ini diambil besarnya nilai kenaikan konstan setiap tahun adalah naik 5 %. Pada penelitian ini akan digunakan beberapa perbandingan kombinasi percampuran antara bahan bakar gas dengan minyak yaitu 70 : 30, 60 : 40, 80 : 20, dan 90 : 10 :

- ✓ Perbandingan campuran bahan bakar dengan bahan bakar minyak sebesar 70 % gas, dan 30 % HFO

Diperoleh hasil kebutuhan bahan bakar per hari yaitu sebesar 10,83 ton LNG, dan 5,58 ton HFO. Besarnya kebutuhan bahan bakar LNG dan HFO seperti terlihat pada tabel 4.9 biaya bahan bakar dual fuel 70:30 :

Tabel 4.9 Biaya Bahan bakar 70 : 30 Dual Fuel

Tahun	Harga (\$/ton)		Fuel Cost (\$)		Total Fuel Cost (\$)
	LNG	HFO	LNG	HFO	
1	167.61	632.50	638,956.14	1,242,331	1,881,287.34
2	175.99	664.13	670,903.94	1,304,448	1,975,351.70
3	184.79	697.33	688,438.93	1,338,541	2,026,980.21
4	194.03	732.20	739,671.60	1,438,154	2,177,825.25
5	203.73	768.81	732,527.04	1,424,262	2,156,789.44
6	213.92	807.25	815,487.94	1,585,564	2,401,052.34
7	224.61	847.61	856,262.33	1,664,843	2,521,104.96
8	235.84	889.99	878,641.92	1,708,356	2,586,997.48
9	247.64	934.49	944,029.22	1,835,489	2,779,518.22
10	260.02	981.22	934,910.76	1,817,760	2,752,670.60
11	273.02	1,030.28	1,040,792.22	2,023,627	3,064,418.84
12	286.67	1,081.79	1,092,831.83	2,124,808	3,217,639.78
13	301.00	1,135.88	1,121,394.48	2,180,343	3,301,737.18
14	316.05	1,192.67	1,204,847.09	2,342,601	3,547,447.85
15	331.86	1,252.31	1,193,209.37	2,319,973	3,513,182.73
16	348.45	1,314.92	1,328,343.92	2,582,717	3,911,061.26
17	365.87	1,380.67	1,394,761.12	2,711,853	4,106,614.32
18	384.17	1,449.70	1,431,215.10	2,782,731	4,213,946.29
19	403.37	1,522.19	1,537,724.13	2,989,818	4,527,542.29
20	423.54	1,598.30	1,522,871.11	2,960,939	4,483,810.35

Cara perhitungan biaya bahan bakar baik LNG maupun HFO adalah sama yaitu sebagai berikut :

Kebutuhan bahan bakar LNG per hari = 10,83 ton

Kebutuhan bahan bakar HFO pe hari = 5,58 ton

Lama 1 trip = 4 hari

Jumlah trip tahun 1 = 88

Biaya bahan bakar dual fuel (70 :30) = biaya bahan bakar LNG + biaya bahan bakar HFO

Biaya bahan bakar LNG = 10,83 x 167,61 x 4 x 88

Biaya bahan bakar LNG = 638.956,14

Biaya bahan bakar HFO = 5,58 x 632,5 x 4 x 88

Biaya bahan bakar HFO = 1.242.331

Biaya bahan bakar dual fuel (70 :30) = 638.956,14 + 1.242.331

Biaya bahan bakar dual fuel (70 :30) = \$ 1.881.287,34

✓ Perbandingan campuran bahan bakar dengan bahan bakar minyak sebesar 60 % gas, dan 40 % HFO

Diperoleh hasil kebutuhan bahan bakar per hari yaitu sebesar 9,28 ton LNG, dan 7,44 ton HFO. Besarnya kebutuhan bahan bakar LNG dan HFO dapat dilihat pada tabel 4.10 biaya bahan bakar 60:40 :

Tabel 4.10 Biaya Bahan bakar 60 : 40 Dual Fuel

Tahun	Harga (\$/ton)		Fuel Cost (\$)		Total Fuel Cost (\$)
	LNG	HFO	LNG	HFO	
1	167.61	632.50	547,508.12	1,656,442	2,203,949.72
2	175.99	664.13	574,883.53	1,739,264	2,314,147.21
3	184.79	697.33	589,908.89	1,784,722	2,374,630.60
4	194.03	732.20	633,809.09	1,917,538	2,551,347.30
5	203.73	768.81	627,687.07	1,899,017	2,526,703.60
6	213.92	807.25	698,774.52	2,114,086	2,812,860.39
7	224.61	847.61	733,713.25	2,219,790	2,953,503.41
8	235.84	889.99	752,889.84	2,277,807	3,030,697.25
9	247.64	934.49	808,918.85	2,447,319	3,256,237.51
10	260.02	981.22	801,105.43	2,423,680	3,224,785.22
11	273.02	1,030.28	891,833.04	2,698,169	3,590,001.86
12	286.67	1,081.79	936,424.69	2,833,077	3,769,501.95
13	301.00	1,135.88	960,899.43	2,907,124	3,868,023.03
14	316.05	1,192.67	1,032,408.22	3,123,468	4,155,875.90
15	331.86	1,252.31	1,022,436.10	3,093,298	4,115,733.92
16	348.45	1,314.92	1,138,230.06	3,443,623	4,581,853.18
17	365.87	1,380.67	1,195,141.57	3,615,804	4,810,945.84
18	384.17	1,449.70	1,226,378.22	3,710,308	4,936,686.47
19	403.37	1,522.19	1,317,643.58	3,986,424	5,304,067.79
20	423.54	1,598.30	1,304,916.34	3,947,919	5,252,835.32

Cara perhitungan biaya bahan bakar baik LNG maupun HFO adalah sama yaitu sebagai berikut :

Kebutuhan bahan bakar LNG per hari = 9,28 ton

Kebutuhan bahan bakar HFO pe hari = 7,44 ton

Lama 1 trip = 4 hari

Jumlah trip tahun 1 = 88

Biaya bahan bakar dual fuel (60 : 40) = biaya bahan bakar LNG + biaya bahan bakar HFO

Biaya bahan bakar LNG = $9,28 \times 167,61 \times 4 \times 88$

Biaya bahan bakar LNG = 547.508,12

Biaya bahan bakar HFO = $7,44 \times 632,5 \times 4 \times 88$

Biaya bahan bakar HFO = 1.656.442

Biaya bahan bakar dual fuel (60 :40) = $547.508,12 + 1.656.442$

Biaya bahan bakar dual fuel (60 :40) = \$ 2.203.949,72

- ✓ Perbandingan campuran bahan bakar dengan bahan bakar minyak sebesar 80 % gas, dan 20 % HFO

Diperoleh hasil kebutuhan bahan bakar per hari yaitu sebesar 12,38 ton LNG, dan 3,72 ton HFO. Besarnya kebutuhan bahan bakar LNG dan HFO dapat dilihat pada tabel 4.11 biaya bahan bakar 80:20 dual fuel. Sedangkan untuk langkah perhitungan nya adalah sebagai berikut :

Kebutuhan bahan bakar LNG per hari = 12,38 ton

Kebutuhan bahan bakar HFO pe hari = 3,72 ton

Lama 1 trip = 4 hari

Jumlah trip tahun 1 = 88

Biaya bahan bakar dual fuel (80 : 20) = biaya bahan bakar LNG + biaya bahan bakar HFO

Biaya bahan bakar LNG = $12,38 \times 167,61 \times 4 \times 88$

Biaya bahan bakar LNG = 730.404,15

Biaya bahan bakar HFO = $3,72 \times 632,5 \times 4 \times 88$

Biaya bahan bakar HFO = 828.221

Biaya bahan bakar dual fuel (80 : 20) = 730.404,15 + 828.221

Biaya bahan bakar dual fuel (80 : 20) = \$ 1.558.624,95

Tabel 4.11 Biaya Bahan bakar 80 : 20 Dual Fuel

Tahun	Harga (\$/ton)		Fuel Cost (\$)		Total Fuel Cost (\$)
	LNG	HFO	LNG	HFO	
1	167.61	632.50	730,404.15	828,221	1,558,624.95
2	175.99	664.13	766,924.36	869,632	1,636,556.20
3	184.79	697.33	786,968.98	892,361	1,679,329.83
4	194.03	732.20	845,534.11	958,769	1,804,303.21
5	203.73	768.81	837,367.02	949,508	1,786,875.28
6	213.92	807.25	932,201.35	1,057,043	1,989,244.29
7	224.61	847.61	978,811.42	1,109,895	2,088,706.51
8	235.84	889.99	1,004,393.99	1,138,904	2,143,297.70
9	247.64	934.49	1,079,139.59	1,223,659	2,302,798.92
10	260.02	981.22	1,068,716.09	1,211,840	2,280,555.98
11	273.02	1,030.28	1,189,751.40	1,349,084	2,538,835.81
12	286.67	1,081.79	1,249,238.97	1,416,539	2,665,777.60
13	301.00	1,135.88	1,281,889.54	1,453,562	2,735,451.34
14	316.05	1,192.67	1,377,285.97	1,561,734	2,939,019.81
15	331.86	1,252.31	1,363,982.64	1,546,649	2,910,631.55
16	348.45	1,314.92	1,518,457.78	1,721,812	3,240,269.34
17	365.87	1,380.67	1,594,380.67	1,807,902	3,402,282.80
18	384.17	1,449.70	1,636,051.98	1,855,154	3,491,206.10
19	403.37	1,522.19	1,757,804.68	1,993,212	3,751,016.79
20	423.54	1,598.30	1,740,825.89	1,973,959	3,714,785.38

- ✓ Perbandingan campuran bahan bakar dengan bahan bakar minyak sebesar 90 % gas, dan 10 % HFO

Diperoleh hasil kebutuhan bahan bakar per hari yaitu sebesar 13,92 ton LNG, dan 1,86 ton HFO. Besarnya kebutuhan bahan bakar LNG dan HFO pada tabel 4.12, dimana untuk langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

Kebutuhan bahan bakar LNG per hari = 13,92 ton

Kebutuhan bahan bakar HFO pe hari = 1,86 ton

Lama 1 trip = 4 hari

Jumlah trip tahun 1 = 88

Biaya bahan bakar dual fuel (90 : 10) = biaya bahan bakar LNG + biaya bahan bakar HFO

Biaya bahan bakar LNG = $13,92 \times 167,61 \times 4 \times 88$

Biaya bahan bakar LNG = 821.252,18

Biaya bahan bakar HFO = $1,86 \times 632,5 \times 4 \times 88$

Biaya bahan bakar HFO = 414.110

Biaya bahan bakar dual fuel (90 : 10) = $821.252,18 + 414.110$

Biaya bahan bakar dual fuel (90 : 10) = \$ 1.235.372,58

Tabel 4.12 Biaya Bahan bakar 90 : 10 Dual Fuel

Tahun	Harga (\$/ton)		Fuel Cost (\$)		Total Fuel Cost (\$)
	LNG	HFO	LNG	HFO	
1	167.61	632.50	821,262.18	414,110	1,235,372.58
2	175.99	664.13	862,325.29	434,816	1,297,141.21
3	184.79	697.33	884,863.34	446,180	1,331,043.77
4	194.03	732.20	950,713.63	479,385	1,430,098.19
5	203.73	768.81	941,530.60	474,754	1,416,284.74
6	213.92	807.25	1,048,161.78	528,521	1,576,683.25
7	224.61	847.61	1,100,569.87	554,948	1,655,517.41
8	235.84	889.99	1,129,334.76	569,452	1,698,786.62
9	247.64	934.49	1,213,378.28	611,830	1,825,207.95
10	260.02	981.22	1,201,658.15	605,920	1,807,578.10
11	273.02	1,030.28	1,337,749.56	674,542	2,012,291.76
12	286.67	1,081.79	1,404,637.03	708,269	2,112,906.35
13	301.00	1,135.88	1,441,349.14	726,781	2,168,130.04
14	316.05	1,192.67	1,548,612.33	780,867	2,329,479.25
15	331.86	1,252.31	1,533,654.14	773,324	2,306,978.60
16	348.45	1,314.92	1,707,345.09	860,906	2,568,250.87
17	365.87	1,380.67	1,792,712.35	903,951	2,696,663.42
18	384.17	1,449.70	1,839,567.33	927,577	2,767,144.39
19	403.37	1,522.19	1,976,465.36	996,606	2,973,071.42
20	423.54	1,598.30	1,957,374.51	986,980	2,944,354.25

Pada kondisi perbandingan bahan bakar 90 : 10 hanya bisa dilakukan dengan penggunaan gas engine saja, sedangkan dari dual fuel engine maksimal hanya mencapai 77 : 33 saja (kraipat, Performance and emissions of a heavy-duty diesel engine fuelled with diesel and LNG, 2013).

II. Gaji ABK

Salah satu komponen untuk outcome expenditure adalah gaji kru. Standard gaji kru kapal telah ditetapkan oleh ILO (International Labour Organization) perserikatan buruh dunia, dimana juga tertuang dalam MLC (Maritime Labour Convention) tahun 2006 yaitu sebesar minimal \$ 585 per bulan untuk pangkat terendah, sedangkan untuk pangkat tertinggi adalah sebesar 800 \$. Jumlah total kru kapal ini adalah sebanyak 16 orang, yang terdiri dari 1 kapten, 1 chief engineer, 1 chief officer, 1 asisten chief engineer, 1 asisten chief officer, 1 KKM, 2 stewart, dan seaman sebanyak 8 orang. Berikut dibawah ini adalah besarnya biaya untuk gaji ABK dari tahun ke 1 sampai dengan tahun ke 20, dimana kenaikan gaji ABK adalah konstan sebesar 10 % sesuai dengan aturan departemen tenaga kerja. Hasil perhitungan gaji ABK seperti pada tabel 4.13 dimana per tahun total gaji kru kapal adalah sebesar \$124.860

Tabel 4.13 Biaya Gaji ABK

Tahun	Gaji Crew (\$/bulan)				Gaji Crew (\$/tahun)				Total Gaji Crew (\$)
	Captain	KKM	Stewart	Seaman	Captain	KKM	Stewart	Seaman	
1	800	725	650	585	9,600	43,500	15,600	56,160	124,860
2	880	798	715	644	10,560	47,850	17,160	61,776	137,346
3	968	877	787	708	11,616	52,635	18,876	67,954	151,081
4	1,065	965	865	779	12,778	57,899	20,764	74,749	166,189
5	1,171	1,061	952	856	14,055	63,688	22,840	82,224	182,808
6	1,288	1,168	1,047	942	15,461	70,057	25,124	90,446	201,088
7	1,417	1,284	1,152	1,036	17,007	77,063	27,636	99,491	221,197
8	1,559	1,413	1,267	1,140	18,708	84,769	30,400	109,440	243,317
9	1,715	1,554	1,393	1,254	20,578	93,246	33,440	120,384	267,648
10	1,886	1,710	1,533	1,379	22,636	102,571	36,784	132,422	294,413
11	2,075	1,880	1,686	1,517	24,900	112,828	40,462	145,665	323,855
12	2,282	2,069	1,855	1,669	27,390	124,111	44,509	160,231	356,240
13	2,511	2,275	2,040	1,836	30,129	136,522	48,959	176,254	391,864
14	2,762	2,503	2,244	2,020	33,142	150,174	53,855	193,880	431,051
15	3,038	2,753	2,468	2,222	36,456	165,191	59,241	213,268	474,156
16	3,342	3,029	2,715	2,444	40,102	181,710	65,165	234,594	521,571
17	3,676	3,331	2,987	2,688	44,112	199,881	71,682	258,054	573,728
18	4,044	3,664	3,285	2,957	48,523	219,869	78,850	283,859	631,101
19	4,448	4,031	3,614	3,253	53,375	241,856	86,735	312,245	694,211
20	4,893	4,434	3,975	3,578	58,713	266,042	95,408	343,469	763,632

III. Pelumas di kapal

Komponen lain untuk outcome expenditure adalah biaya pelumas di kapal. Menurut M Yamin Jinca (Transportasi Laut di Indonesia, 2011) penggunaan pelumas adalah sebesar 3 % dari penggunaan bahan bakar minyak di kapal. Penggunaan bahan bakar minyak di kapal adalah 18,5 ton per hari, sehingga penggunaan pelumas per hari adalah 0,55 ton atau setara dengan 652,94 liter pelumas. Biaya minyak pelumas selama setahun bergantung dari jumlah trip yang dilakukan. Berikut dibawah ini adalah biaya pelumas dari tahun ke 1 sampai tahun ke 20, dimana harga minyak pelumas mengalami kenaikan sebesar 5 % tiap tahunnya (konstan). Hasil perhitungan biaya minyak pelumas adalah pada tabel 4.14 :

. Tabel 4.14 Biaya Pelumas

Tahun	Harga Pelumas (\$)	Total Harga (\$)
1	2.00	459,669.8
2	2.10	482,653.2
3	2.21	495,268.0
4	2.32	532,125.2
5	2.43	526,985.4
6	2.55	586,668.0
7	2.68	616,001.4
8	2.81	632,101.5
9	2.95	679,141.6
10	3.10	672,581.7
11	3.26	748,753.6
12	3.42	786,191.3
13	3.59	806,739.5
14	3.77	866,775.9
15	3.96	858,403.6
16	4.16	955,620.4
17	4.37	1,003,401.4
18	4.58	1,029,626.7
19	4.81	1,106,250.1
20	5.05	1,095,564.7

IV. Biaya Perawatan

Menurut David G.M Watson (practical ship design, 1998) Biaya Perawatan untuk kapal dibagi menjadi dua bagian yaitu hull (konstruksi, lambung, plat), dan machinery (perawatan main engine, mesin bantu, pompa, elektrik, dll).

Untuk menghitung besarnya nilai perawatan yang dibutuhkan untuk perawatan hull adalah sebagai berikut :

$$\text{Hull maintenance and repair} = \$ 10.000 \times (\text{CN}/100)^{2/3}$$

Dimana CN (Cubic Number) adalah $\text{Lwl} \cdot \text{Beam} \cdot \text{Depth}$

$$\text{Lwl} = 101,3 \text{ m}$$

$$\text{Beam (Lebar kapal)} = 20,6 \text{ m}$$

$$\text{Depth (Tinggi kapal)} = 5,8 \text{ m}$$

$$\text{CN} = 101,3 \times 20,6 \times 5,8$$

$$\text{CN} = 12.103,3$$

$$\text{Hull maintenance and repair} = 10.000 \times (12.103,3/100)^{2/3}$$

$$\text{Hull maintenance and repair} = \$ 244.683$$

Sedangkan untuk machinery maintenance and repair adalah sebagai berikut :

$$\text{Machinery maintenance and repair} = \$ 10.000 \times (\text{SHP}/100)^{2/3}$$

SHP (Shaft Horse Power) adalah = BHP scr, dimana BHP mcr adalah BHP scr dibagi 0,85. BHP mcr = 1920 Kw atau 2594,6 HP.

$$\text{SHP} = \text{BHP mcr} \times 0,85$$

$$\text{SHP} = 2594,6 \times 0,85$$

$$\text{SHP} = 2205,4 \text{ HP}$$

$$\text{SHP 2 main engine} = 4410,8 \text{ HP}$$

Karena menggunakan dua main engine maka SHP dikalikan 2.

$$\text{Machinery maintenance and repair} = \$ 10.000 \times (4410,8 / 100)^{2/3}$$

Machinery maintenance and repair = \$ 124.838

Total maintenance repair = Hull maintenance and repair + machinery maintenance and repair

Total maintenance repair = 244.683+ 124.838

Total maintenance repair = \$ 369.520

Kenaikan biaya total maintenance and repair adalah 5 % tiap tahun, di asumsikan sama dengan kenaikan biaya bahan bakar. Berikut pada tabel 4.15 adalah biaya maintenance and repair dari tahun ke 1 sampai tahun ke 20 :

Tabel 4.15 Total Maintenance Cost Single Fuel

Tahun	Total Maintenance (\$)
1	369,520
2	387,996
3	407,396
4	427,766
5	449,154
6	471,612
7	495,193
8	519,952
9	545,950
10	573,247
11	601,910
12	632,005
13	663,605
14	696,786
15	731,625
16	768,206
17	806,616
18	846,947
19	889,295
20	933,759

Sedangkan untuk biaya total maintenance cost pada dual fuel, dari beberapa referensi seperti (Daniel Delgado, 2012), (Gudrun Jona, 2013) adalah lebih besar 20-25 % dari total maintenance cost pada singe fuel (bahan bakar minyak). Pada peneleitian ini diambil besarnya biaya total maintenance cost dual fuel adalah lebih besar 25 % dari total maintenance cost single fuel.

Dual Fuel total maintenance cost = total maintenance cost single fuel + (total maintenance cost single fuel x 25 %)

Dual Fuel total maintenance cost = 369.520+ (369.520x 25 %)

Dual Fuel total maintenance cost = \$ 461.900

Kenaikan biaya total maintenance untuk kapal dual fuel adalah sebesar 5 % tiap tahunnya, berikut pada tabel 4.16 adalah hasil perhitungan total maintenance cost dual fuel dari tahun ke 1 sampai tahun ke 20 :

Tabel 4.16 Total Maintenance Cost Dual Fuel

Tahun	Total Maintenance (\$)
1	461,900
2	484,995
3	509,245
4	534,707
5	561,443
6	589,515
7	618,991
8	649,940
9	682,437
10	716,559
11	752,387
12	790,006
13	829,507
14	870,982
15	914,531
16	960,258
17	1,008,271
18	1,058,684
19	1,111,618
20	1,167,199

V. Biaya Logistic

Biaya logistic ini meliputi biaya provision (stok makanan untuk sekali trip), dan juga biaya kebutuhan air tawar. Dari hydrostatic tabel untuk provision store adalah sebesar 3,3 ton. Diasumsikan biaya untuk provision store per ton nya adalah \$ 400 per trip. Sehingga dapat dihitung besarnya biaya provision store per trip sebagai berikut :

Biaya provision tahun ke 1 = Biaya provision per ton x provision per trip x trip

Biaya provision tahun ke 1 = $400 \times 3.3 \times 88$

Biaya provision tahun ke 1 = \$ 116.160

Berikut pada tabel 4.17 adalah hasil perhitungan biaya provision dari tahun ke 1 sampai tahun ke 20, dimana biaya provision untuk single fuel dan dual fuel adalah sama tidak ada bedanya.

Tabel 4.17 Total biaya Provision

Tahun	Provision Store (\$)	Total Provision Store (\$)
1	400	116,160
2	420	121,968
3	441	125,156
4	463	134,470
5	486	133,171
6	511	148,253
7	536	155,666
8	563	159,734
9	591	171,621
10	621	169,964
11	652	189,212
12	684	198,673
13	718	203,866
14	754	219,037
15	792	216,921
16	832	241,488
17	873	253,563
18	917	260,190
19	963	279,553
20	1,011	276,853

Setelah menghitung biaya provision sekali trip selanjutnya menghitung biaya untuk kebutuhan air tawar di kapal untuk sekali trip. Dimana harga air tawar adalah \$ 8 untuk tiap ton nya. Cara menghitung biaya kebutuhan air tawar sama seperti menghitung biaya provision, yaitu dengan mengalikan biaya air tawar per ton dengan kebutuhan air tawar kemudian dikalikan lagi dengan jumlah trip dalam satu tahun. Berikut dibawah ini adalah langkah perhitungannya.

Total biaya air tawar = Biaya air tawar per ton x kebutuhan air tawar x jumlah trip

Total biaya air tawar = $8 \times 6.4 \times 88$

Total biaya air tawar = \$ 4.056

Berikut pada tabel 4.18 adalah hasil perhitungan biaya air tawar dari tahun ke 1 sampai tahun ke 20, dimana kenaikan harga air tawar adalah 5 % tiap tahunnya.

Tabel 4.18 Total Biaya Air Tawar

Tahun	Air Tawar (\$)	Total Air Tawar (\$)
1	8	4,506
2	8,4	4,731
3	9	4,855
4	9	5,216
5	10	5,165
6	10	5,750
7	11	6,038
8	11	6,196
9	12	6,657
10	12	6,593
11	13	7,339
12	14	7,706
13	14	7,908
14	15	8,496
15	16	8,414
16	17	9,367
17	17	9,835
18	18	10,092
19	19	10,843
20	20	10,739

Dari perhitungan total biaya provision, dan total biaya air tawar dapat diperoleh total biaya untuk keperluan logistic kapal selama setahun, berikut pada tabel 4.19 adalah hasil perhitungan total biaya logistic kapal dari tahun ke 1 sampai tahun ke 20, dimana diperoleh dari penjumlahan total biaya provision dengan total biaya air tawar.

Tabel 4.19 Total Biaya Logistic Kapal

Tahun	Total biaya Logistic (\$)
1	120,666
2	126,699
3	130,010
4	139,686
5	138,336
6	154,003
7	161,703
8	165,930
9	178,278
10	176,556
11	196,552
12	206,379
13	211,773
14	227,533
15	225,335
16	250,855
17	263,398
18	270,282
19	290,396
20	287,591

VI. Biaya Asuransi Kapal

Biaya asuransi kapal berdasarkan pada syarat pertanggungan yang diinginkan oleh pemilik kapal, bisa total loss only atau bisa juga all risks condition. Total loss adalah bentuk pertanggungan terhadap kerugian-kerugian yang diakibatkan musnah, seperti kapal tenggelam, terbakar, dan sebagainya. All risks condition adalah bentuk pertanggungan sama seperti total loss, namun ditambah biaya-biaya seperti pembiayaan pihak ketiga saat terjadi tubrukan kapal dengan kapal, atau benda lain sampai maksimum sebesar pertanggungan, kerusakan kapal akibat tubrukan dengan kapal dan benda lain serta general average dan fire, cuaca buruk, dsb. Beda tipe pertanggungan beda pula biaya premi yang dibayarkan.

Kapal pada penelitian ini akan menggunakan tipe pertanggungan total loss, dimana besarnya premi dapat dihitung dengan menggunakan rumus seperti dibawah ini :

Biaya premi per hari = $2,551 \times 10^{-5} \times \text{Harga Kapal}$ (M. Yamin Jinca, Transportasi Laut Indonesia, 2011)

Dimana Harga Kapal adalah sebesar biaya pembuatan kapal diawal yaitu sebesar 25 juta US dollar. Maka biaya premi per hari yang dikeluarkan oleh kapal adalah sebesar :

Biaya premi per hari = $2,551 \times 10^{-5} \times 25.000.000$

Biaya premi per hari = \$ 637,75

Biaya premi per tahun = biaya premi per hari x 360 hari

Biaya premi per tahun = \$ 229.590

Biaya premi yang dipakai adalah tetap selama masa investasi kapal yaitu 20 tahun.

VII. Biaya Manajemen

Biaya manajemen dikeluarkan untuk kepentingan administrasi dan manajemen, biaya ini tidak langsung berhubungan dengan kapal, tetapi emnunjang pengelolaan operasional kapal seperti biaya kesejahteraan, pendidikan, pelatihan, kompensasi bagi karyawan, pengawasan, dan biaya-biaya administrasi lainnya termasuk biaya manajemen untuk di pelabuhan.

Besarnya biaya manajemen yang dikeluarkan oleh setiap perusahaan berbeda-beda umumnya biaya manajemen adalah sebesar 8 - 15 % dari total biaya untuk ABK, biaya perawatan, biaya pelumas, dan biaya asuransi. Besarnya biaya manajemen yang diambil pada penelitian ini adalah sebesar 10 % dari total biaya untuk ABK, biaya perawatan, biaya pelumas, dan biaya asuransi.

Perhitungan biaya manajemen adalah sebagai berikut :

Biaya manajemen = (Total biaya gaji ABK + Total biaya perawatan + Total biaya pelumas + Total biaya asuransi) x 10 %

$$\text{Biaya manajemen} = (124.860 + 369.520 + 229.590 + 459.669) \times 10\%$$

$$\text{Biaya manajemen} = \$ 118.364$$

VIII. Cicilan Bank

Modal awal dari pembuatan kapal adalah berupa 30 % dari modal pemilik kapal, dengan 70 % modal dari bank. Dengan biaya awal pembuatan kapal adalah 25 juta USD. Berdasarkan bunga bank untuk kredit usaha saat ini adalah sebesar 10 % per tahun, diasumsikan bunga bank tetap selama 10 tahun. Perhitungan cicilan bunga bank tiap tahun nya adalah sebagai berikut :

$$\text{Bunga Bank} = 10\% \text{ per tahun}$$

$$\text{Lama Cicilan} = 10 \text{ Tahun}$$

$$\text{Pokok Utang} = 70\% \times 25.000.000$$

$$\text{Pokok utang} = \$ 17.500.000$$

$$\text{Besar cicilan bank} = \frac{\text{bunga bank} \times (1 + \text{bunga bank})^{10}}{((1 + \text{bunga bank})^{10} - 1)} \times \text{Pokok Utang}$$

$$\text{Besar cicilan bank} = 10\% \times (1 + 10\%)^{10} / ((1 + 10\%)^{10} - 1) \times 17.500.000$$

$$\text{Besar cicilan bank} = \$ 2.848.004 \text{ per tahun}$$

Dari hasil perhitungan masing-masing komponen outcome expenditure maka diperoleh resume untuk total biaya operasional seperti pada tabel 4.20, untuk operasional kapal menggunakan single fuel, sedangkan untuk biaya operasional kapal menggunakan dual fuel dapat dilihat pada lampiran tabel 4.44 sampai dengan tabel 4.51 :

Tabel 4.20 Total Biaya Operasional single Fuel

Tahun	Maintenance	Fuel	Logistic	LO	Auransi	Gaji ABK	Marginalan	Total Cost
1	339,520	4,113,840	120,666	489,669,76	229,990,00	124,800	118,364	5,541,510
2	337,996	4,324,782	126,669	482,663,25	229,990,00	137,346	123,799	5,812,829
3	407,336	4,437,816	130,000	485,238,05	229,990,00	151,081	128,338	5,979,485
4	427,766	4,733,072	133,666	521,252,21	229,990,00	166,189	135,567	6,338,994
5	449,154	4,722,017	138,336	526,955,36	229,990,00	182,808	138,854	6,387,744
6	471,612	5,256,800	154,003	586,680,04	229,990,00	201,088	148,866	7,048,667
7	485,198	5,539,640	161,703	616,001,44	229,990,00	221,197	156,198	7,399,522
8	519,952	5,663,903	166,900	662,101,48	229,990,00	243,317	162,466	7,617,289
9	545,980	6,085,403	178,278	679,141,99	229,990,00	267,648	172,238	8,158,246
10	573,247	6,026,623	176,556	672,981,70	229,990,00	294,413	176,988	8,149,996
11	601,910	6,709,156	186,552	748,733,60	229,990,00	323,855	190,411	9,000,227
12	622,005	7,044,614	206,379	786,191,28	229,990,00	356,240	200,403	9,465,422
13	663,605	7,223,735	211,773	806,739,46	229,990,00	391,864	209,180	9,741,467
14	666,786	7,766,687	227,538	866,753,89	229,990,00	431,061	222,440	10,408,800
15	731,625	7,691,688	225,336	888,436,62	229,990,00	474,156	229,377	10,440,158
16	738,206	8,562,773	210,856	956,600,42	229,990,00	521,571	247,499	11,536,114
17	806,616	8,990,911	263,338	1,003,401,44	229,990,00	573,728	261,334	12,128,999
18	846,947	9,225,901	270,282	1,029,636,70	229,990,00	631,101	273,727	12,507,175
19	889,235	9,912,480	290,366	1,106,200,09	229,990,00	684,211	291,955	13,414,156
20	933,739	9,836,734	287,591	1,085,534,72	229,990,00	763,632	302,255	13,429,126

4.2.1.C Payback Period Singel Fuel (Bahan Bakar Minyak)

Dari perhitungan income expenditure dan outcome expenditure kemudian dihitung payback periodnya seperti tabel dibawah. Pada tabel terdapat nilai depresiasi dari harga kapal. Dimana nilai depresiasi adalah initial cost atau modal awal dibagi dengan jangka waktu investasi :

$$\text{Depresiasi} = \text{Initial Cost} / \text{modal awal} / n$$

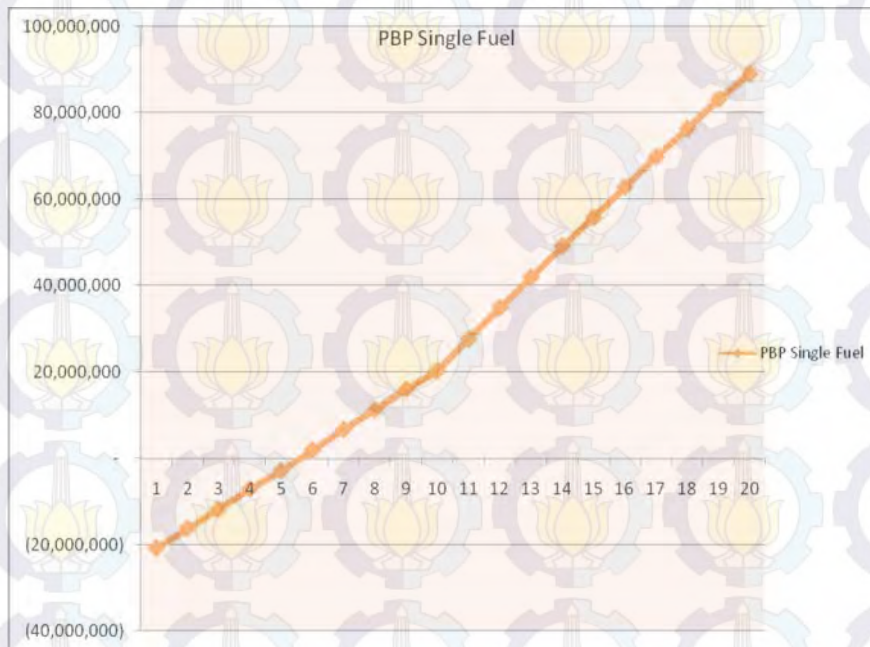
Dimana n adalah jangka waktu investasi = 20 tahun

$$\text{Depresiasi} = 25.000.000 / 20$$

$$\text{Depresiasi} = \$ 1.250.000$$

Pajak penghasilan yang berlaku adalah sebesar 10 %, langkah dalam menghitung payback period adalah dengan mengurangi income bruto dengan operasional cost, cicilan bank, dan depresiasi, sehingga nanti akan diperoleh besarnya income setelah pajak. Income netto adalah income setelah pajak ditambah dengan nilai depresiasi. Income netto akan di total untuk mengurangi besarnya initial cost,

pada kolom investasi yang belum kembali, dari sana dapat dilihat payback period single fuel bahan bakar minyak, pada tahun ke berapa. Dari gambar 4.14 dapat dilihat bahwa payback period single fuel pada tahun ke 6, dimana sudah bisa memperoleh keuntungan sebesar \$ 1.885.852, dengan total keuntungan sampai tahun ke 20 adalah sebesar \$ 89.097.584.



Gambar 4.14 Payback Period Single Fuel

4.2.1.D Payback Period Dual Fuel (Bahan Bakar Minyak & Gas)

Payback period pada dual fuel analisa nya sesuai dengan perbandingan campuran gas dengan HFO, yaitu 70 : 30, 60 : 40, 80 : 20, dan 90 : 10. Analisa payback period untuk masing-masing perbandingan percampuran bahan bakar gas dengan minyak, juga dibedakan lagi menurut waktu modifikasi dual fuelnya. Modifikasi dual fuel dapat dilakukan dari tahun ke 0, dan juga bisa dilakukan pada tahun ke 5, sesuai dengan usia kapal dan juga saat pengerjaan special survey. Berikut pada tabel 4.21 adalah initial cost untuk modifikasi dual fuel di kapal.

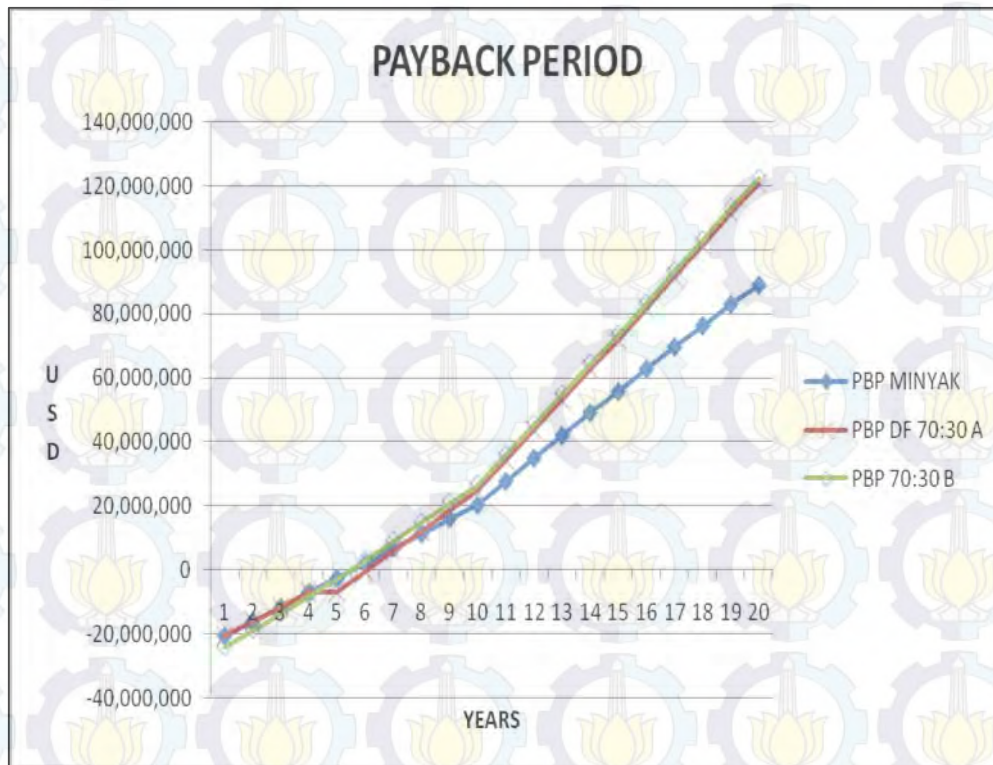
Tabel 4.21 Biaya Modifikasi Dual Fuel

NO	WORKING DETAILS	PRICE LIST (USD)
A.	PREPARATION JOB	
I.	PRE DESIGN, SURVEY LOCATION, CLEARANCE AREA	65,000.00
B.	PIPING, ELECTRICAL & MACHINERY	
I.	PIPING ROUTING	10,000.00
II.	PIPING MATERIAL (Include Pipe outfitting)	150,000.00
III.	CONVERTER KIT (Include Instalment & package)	300,000.00
IV.	CABLE ROUTING	10,000.00
V.	CABLE MATERIAL	18,000.00
C.	LNG Pac by Vendor	
I.	LNG Pac cap 50 m3 2 Unit (Include GPU)	3,000,000.00
II.	LNG Pac Instalment (Include engineer & technician from vendor)	250,000.00
D.	INSTALLATION JOB	
I.	DOCKING SHIPYARD (14 days)	35,000.00
II.	INSTALLATION JOB by SHIPYARD	210,000.00
III.	MATERIAL FOR SEAT OF LNG PAC	5,000.00
E.	FINISHING & COMMISSIONING	15,000.00
F.	TRAINING FOR CREW (7 PEOPLE)	7,000.00
	Sub TOTAL COST	4,075,000.00
	PRICE LIST TOTAL (INCLUDE PPN 10%)	4,482,500.00
	CONTINGENCY COST (5% from sub total Cost)	203,750.00
	TOTAL COST	4,686,250.00

Harga yang tertera di tabel 4.21 diperoleh dari beberapa sumber. Dari total biaya modifikasi sebesar \$ 4.686.250, akan ditambahkan pada initial cost payback period, bisa juga ditambahkan pada tahun ke 5 payback period. Dengan penambahan ini akan berpengaruh pada biaya asuransi dan manajemen. Hasil perhitungan payback period untuk dual fuel perbandingan campuran 70 : 30 adalah sebagai berikut :

➤ Payback Period Dual fuel (70 : 30)

Payback period untuk kondisi kapal single fuel di modifikasi tahun ke 5. Dari gambar grafik 4.14 diatas dapat dilihat bahwa payback period dual fuel pada tahun ke 7, dimana sudah bisa memperoleh keuntungan sebesar \$ 5.665.269, dengan total keuntungan sampai tahun ke 20 adalah sebesar \$ 120.541.381. Payback period akan dibandingkan antara payback period minyak dengan payback period dual fuel 70:30 A, dan dual fuel 70:30 B. Seperti gambar 4.15 :



Gambar 4.15 Perbandingan Payback Period Minyak, Dual Fuel (70:30) A, dan Dual Fuel (70:30) B

Payback period untuk kondisi kapal single fuel di modifikasi menjadi dual fuel pada tahun ke 0. Sehingga besarnya initial cost lebih besar, serta jumlah cicilan pokok hutang ke bank berbeda, jika dibandingkan dengan modifikasi single fuel pada tahun ke 5. Dari gambar 4.15 dapat dilihat bahwa payback period dual fuel pada tahun ke 6, dimana sudah bisa memperoleh keuntungan sebesar \$ 3.012.164 ,dengan total keuntungan

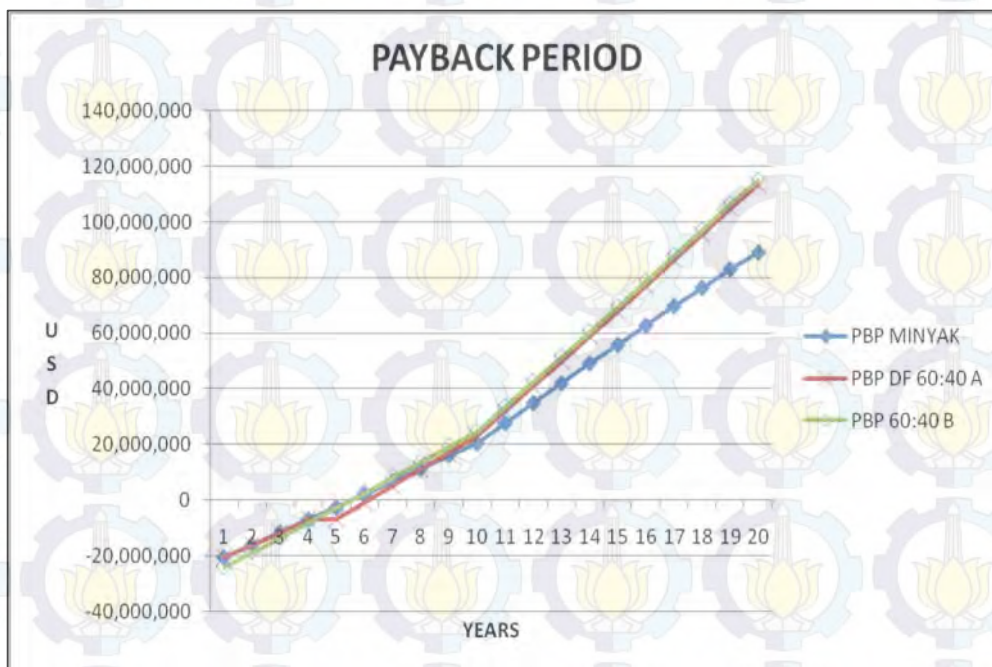
sampai tahun ke 20 adalah sebesar \$ 122.227.000. Jika dibandingkan dengan payback period minyak tahun ke-6 dual fuel 70:30 B lebih tinggi keuntungannya. Jika dilihat keuntungan total tahun ke 20, maka dual fuel baik pada kondisi 70:30 A maupun 70:30 B lebih menguntungkan. Berikut pada tabel 4.22 adalah hasil perhitungan payback period untuk masing-masing kondisi.

Tabel 4.22 Perbandingan Payback Period Minyak, Dual Fuel (70:30) A, dan Dual Fuel (70:30) B

Tahun	PAYBACK PERIOD		
	Minyak (\$)	Dual Fuel (\$)	
		DF 70:30 A	DF 70:30 B
1	-20,767,359	-20,767,359	-23,995,479
2	-16,195,989	-16,195,989	-18,668,198
3	-11,753,757	-11,753,757	-13,463,377
4	-7,090,231	-7,090,231	-7,877,464
5	-2,844,058	-7,061,683	-2,825,770
6	1,885,852	-759,538	3,012,164
7	6,637,782	5,665,269	8,972,760
8	11,217,330	11,926,413	14,769,693
9	15,987,554	18,587,840	20,966,909
10	20,281,550	24,619,846	26,534,704
11	27,593,867	34,066,442	35,958,376
12	34,878,697	43,617,189	45,486,200
13	41,932,778	52,948,540	54,794,627
14	49,124,008	62,690,959	64,514,122
15	55,768,650	71,686,701	73,486,940
16	62,807,575	81,594,006	83,371,323
17	69,745,332	91,571,764	93,326,157
18	76,372,932	101,254,106	102,985,575
19	83,051,552	111,344,307	113,052,852
20	89,097,584	120,541,381	122,227,002

➤ Payback Period Dual fuel (60 : 40)

Langkah perhitungannya sama seperti perbandingan percampuran bahan bakar gas. Berikut dibawah ini adalah hasil grafik payback period untuk dual fuel dengan perbandingan percampuran bahan bakar gas dengan minyak 60 : 40, dengan modifikasi single fuel menjadi dual fuel pada tahun ke 5. Dari gambar grafik 4.16 dapat dilihat bahwa payback period Dual fuel pada tahun ke 7, dimana sudah bisa memperoleh keuntungan sebesar \$ 4.095.483 ,dengan total keuntungan sampai tahun ke 20 adalah sebesar \$ 113.474.267. Jika dibandingkan dengan payback period minyak mungkin lebih lama payback periodnya, namun dari total keuntungan selama tahun ke 1 sampai tahun ke 20 dual fuel lebih menguntungkan, akan tetapi pada perbandingan campuran 70 : 30 lebih menguntungkan jika dibandingkan dengan perbandingan campuran 60 : 40.



Gambar 4.16 Perbandingan Payback Period Minyak, Dual Fuel (60:40) A, dan Dual Fuel (60:40) B

Dari grafik 4.16 dapat dilihat bahwa payback period dual fuel 60 : 40 B pada tahun ke 6, dimana sudah bisa memperoleh keuntungan sebesar \$ 2.641.537, dengan total keuntungan sampai tahun ke 20 adalah sebesar \$ 115.159.889. Total keuntungan dual fuel 60 :40 selama tahun ke 1 sampai tahun ke 20 jika dibandingkan dengan dual fuel pada perbandingan campuran 70 : 30 lebih menguntungkan.

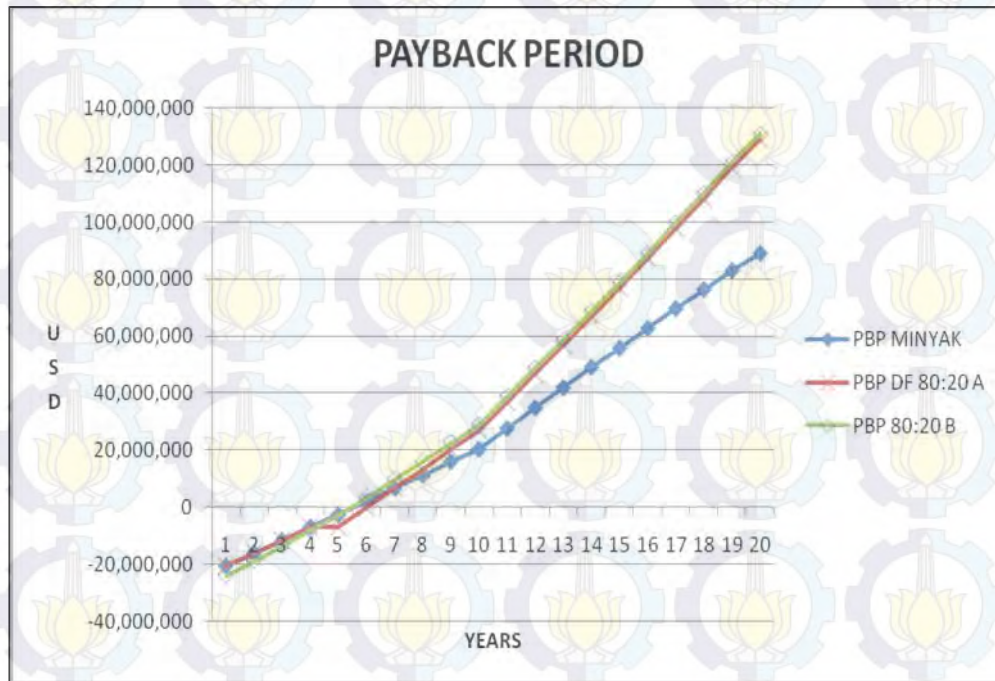
Berikut pada tabel 4.23 adalah perbandingan hasil perhitungan payback period untuk minyak, dual fuel 60 : 40 A, dan dual fuel 60:40 B.

Tabel 4.23 Perbandingan Payback Period Minyak, Dual Fuel (60:40) A, dan Dual Fuel (60: 40) B.

Tahun	PAYBACK PERIOD		
	Minyak (\$)	Dual Fuel (\$)	
		DF 60:40 A	DF 60:40 B
1	-20,767,359	-20,767,359	-23,995,479
2	-16,195,989	-16,195,989	-18,668,198
3	-11,753,757	-11,753,757	-13,463,377
4	-7,090,231	-7,090,231	-7,877,464
5	-2,844,058	-7,061,683	-2,825,770
6	1,885,852	-1,130,165	2,641,537
7	6,637,782	4,905,483	8,212,975
8	11,217,330	10,821,444	13,664,724
9	15,987,554	17,053,823	19,432,892
10	20,281,550	22,810,167	24,725,025
11	27,593,867	31,783,739	33,675,673
12	34,878,697	40,837,810	42,706,821
13	41,932,778	49,728,610	51,574,697
14	49,124,008	58,923,443	60,746,606
15	55,768,650	67,567,363	69,367,602
16	62,807,575	76,870,956	78,648,272
17	69,745,332	86,214,815	87,969,208
18	76,372,932	95,334,890	97,066,359
19	83,051,552	104,726,217	106,434,763
20	89,097,584	113,474,267	115,159,889

➤ Payback Period Dual fuel (80 : 20)

Pada perbandingan campuran bahan bakar gas dengan bahan bakar minyak 80 : 20, payback periodnya ditunjukkan pada gambar 4.17 :



Gambar 4.17 Perbandingan Payback Period Minyak, Dual Fuel (80:20) A, dan Dual Fuel (80:20) B

Dari gambar 4.17 dapat dilihat bahwa payback period dual fuel 80:20 A pada tahun ke 7, dimana sudah bisa memperoleh keuntungan sebesar \$ 6.425.055, dengan total keuntungan sampai tahun ke 20 adalah sebesar \$ 129.197.023. Jika dibandingkan dengan payback period minyak, lebih cepat minyak dimana payback periodnya sudah terjadi di tahun ke-6. Total keuntungan selama tahun ke 1 sampai tahun ke 20 dual fuel 80:20 A & B lebih menguntungkan dibandingkan dengan single fuel, serta dibandingkan dengan dual fuel dengan percampuran bahan bakar gas dan bahan bakar minyak 70 : 30 A & B. Total keuntungannya dari tahun ke 1 sampai tahun ke 20 sebesar \$ 129.197.023 untuk yang 80:20 A, dan untuk 80:20 B sebesar \$ 130.882.645.

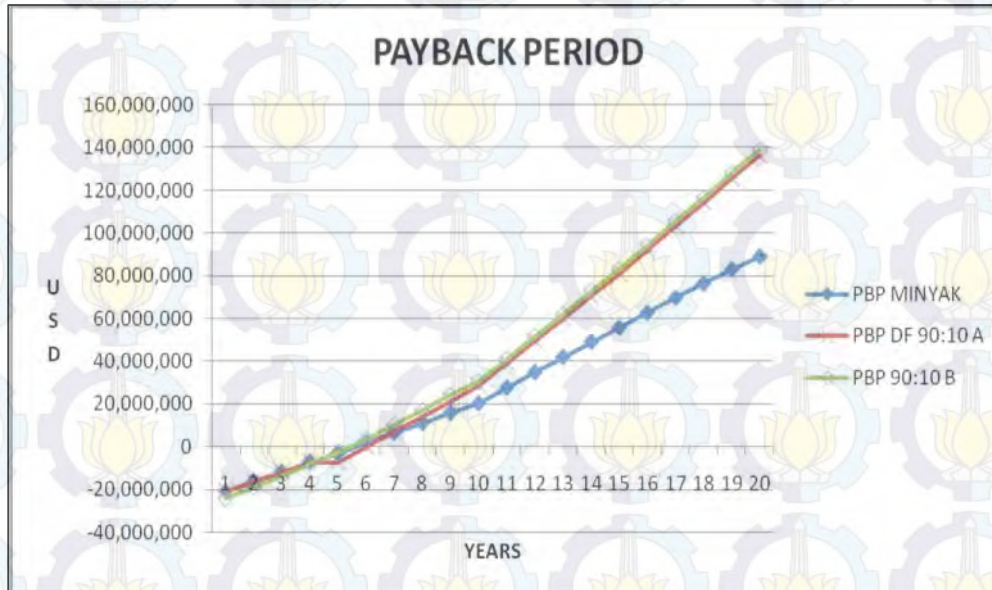
Dari gambar 4.17 dapat dilihat bahwa payback period dual fuel 80:20 B pada tahun ke 6, dimana sudah bisa memperoleh keuntungan sebesar \$ 3.382.792. Dari perbandingan ini juga dapat disimpulkan bahwa perbedaan keuntungan antara modifikasi single fuel menjadi dual fuel pada tahun ke 1 dengan modifikasi dual fuel pada tahun ke 5 tidak terlalu signifikan hanya selisih \$ 1.685.622. Payback period dengan keuntungan yang lebih besar terjadi pada modifikasi dual fuel pada tahun ke 1. Berikut pada tabel 4.24 adalah perbandingan payback period untuk minyak, dual fuel 80:20 A, dan 80 : 20 B.

Tabel 4.24 Perbandingan Payback Period Minyak, Dual Fuel (80:20) A, dan Dual Fuel (80: 20) B.

Tahun	PAYBACK PERIOD		
	Minyak (\$)	Dual Fuel (\$)	
		DF 80:20 A	DF 80:20 B
1	-20,767,359	-20,767,359	-23,995,479
2	-16,195,989	-16,195,989	-18,668,198
3	-11,753,757	-11,753,757	-13,463,377
4	-7,090,231	-7,090,231	-7,877,464
5	-2,844,058	-7,061,683	-2,825,770
6	1,885,852	-388,911	3,382,792
7	6,637,782	6,425,055	9,732,546
8	11,217,330	13,139,675	15,982,955
9	15,987,554	20,230,149	22,609,218
10	20,281,550	26,836,299	28,751,157
11	27,593,867	36,755,920	38,647,855
12	34,878,697	46,803,344	48,672,355
13	41,932,778	56,713,458	58,559,545
14	49,124,008	67,003,462	68,826,625
15	55,768,650	76,731,974	78,532,213
16	62,807,575	87,242,992	89,020,308
17	69,745,332	97,854,649	99,609,041
18	76,372,932	108,275,655	110,007,124
19	83,051,552	119,064,729	120,773,274
20	89,097,584	129,197,023	130,882,645

➤ Payback Period Dual fuel (90 : 10)

Pada perbandingan campuran bahan bakar gas dengan bahan bakar minyak 90 : 10, payback periodnya ditunjukkan seperti gambar 4.18 :



Gambar 4.18 Perbandingan Payback Period Minyak, Dual Fuel (90:10) A, dan Dual Fuel (90:10) B

Dari gambar 4.18 dapat dilihat bahwa payback period dual fuel 90:10 A pada tahun ke 7, dimana sudah bisa memperoleh keuntungan sebesar \$ 7.093.521, dengan total keuntungan sampai tahun ke 20 adalah sebesar \$ 138.758.398. Payback period pada kondisi ini yang paling cepat adalah dual fuel 90:10 B, kemudian payback period minyak, dan yang terakhir payback period dual fuel 90:10 A. Total keuntungan selama tahun ke 1 sampai tahun ke 20 dual fuel lebih menguntungkan dibandingkan dengan single fuel, serta dibandingkan dengan dual fuel dengan percampuran bahan bakar gas dan bahan bakar minyak 80 : 20. Total keuntungannya dual fuel 90:10 B dari tahun ke 1 sampai tahun ke 20 sebesar \$ 138.758.398. Tapi kondisi campuran perbandingan gas dengan minyak 90:10 hanya bisa dilakukan pada gas engine fuel, karena sampai saat ini teknologi dual fuel hanya mampu mencapai maksimal 80:20.

Berikut pada tabel 4.25 adalah perbandingan payback period untuk 90 : 10 A, B dengan payback period single fuel..

Tabel 4.25 Perbandingan Payback Period Minyak, Dual Fuel (90:10) A, dan Dual Fuel (90: 10) B.

Tahun	PAYBACK PERIOD		
	Minyak (\$)	Dual Fuel (\$)	
		DF 90:10 A	DF 90:10 B
1	-20,767,359	-20,767,359	-23,995,479
2	-16,195,989	-16,195,989	-18,668,198
3	-11,753,757	-11,753,757	-13,463,377
4	-7,090,231	-7,090,231	-7,877,464
5	-2,844,058	-7,061,683	-2,825,770
6	1,885,852	-63,960	3,754,097
7	6,637,782	7,093,521	10,493,721
8	11,217,330	14,161,846	17,144,191
9	15,987,554	21,635,797	24,200,285
10	20,281,550	28,621,272	30,767,904
11	27,593,867	38,968,428	41,138,492
12	34,878,697	49,467,080	51,660,575
13	41,932,778	59,841,429	62,058,355
14	49,124,008	70,633,664	72,874,022
15	55,768,650	80,859,109	83,122,897
16	62,807,575	91,928,589	94,215,809
17	69,745,332	103,128,948	105,439,599
18	76,372,932	114,155,256	116,489,338
19	83,051,552	125,598,125	127,955,638
20	89,097,584	136,377,453	138,758,398

4.2.2 NPV dan IRR

4.2.2.A NPV

Net Present Value atau biasa disingkat dengan NPV adalah merupakan kombinasi pengertian present value penerimaan dengan present value pengeluaran. NPV adalah selisih antara present value dari investasi dengan nilai sekarang dari penerimaan-penerimaan kas bersih di masa yang akan datang. Berikut dibawah ini adalah cara menghitung NPV.

$$\text{NPV} = -\text{Initial cost} + (\text{Income netto} / (1+r)^1) + (\text{Income netto} / (1+r)^2) + (\text{Income netto} / (1+r)^t)$$

r = Discount rate, pada penelitian ini akan digunakan discount rate dari 5% - 25%

t = Time (Waktu yang digunakan untuk investasi adalah 20 Tahun)

I. NPV Single Fuel (Bahan Bakar Minyak)

$$\text{NPV single fuel} = -25.000.000 + (4.232.641/(1+5\%)^1) + (4.571.370/(1+5\%)^2) + \dots (6.046.031/(1+5\%)^{20})$$

NPV single fuel, saat discount rate 5 % = \$ 42.723.914

Hasil perhitungan NPV untuk single fuel (minyak) bisa dilihat pada lampiran tabel 4.27. Dari discount rate yang dimasukkan harus dicari yang mendekati dengan 0. Dari hasil perhitungan, untuk NPV yang mendekati 0 adalah di discount rate 20 % - 25%. Dari formula diatas akan digunakan juga untuk menghitung NPV dual fuel 60:40, 70:30, dan 80:20. Untuk kombinasi campuran gas yang lain dibawah 60 %, margin keuntungan juga terlalu kecil jika dibandingkan dengan payback period single fuel (minyak).

4.2.2.B IRR

IRR (Internal Rate of Return) adalah metode lain untuk memberikan gambaran proyek tersebut layak atau tidak, disesuaikan dengan bunga bank untuk simpanan saat ini, yaitu sebesar 13 %, jika IRR lebih besar dari bunga simpanan bank maka proyek tersebut layak untuk dikerjakan, namun jika IRR kurang dari bunga bank, maka proyek tersebut tidak layak untuk dikerjakan.

Berikut dibawah ini adalah perhitungan IRR untuk masing-masing kondisi baik single fuel (bahan bakar minyak), maupun dual fuel (bahan bakar gas, dan minyak).

I. IRR Single Fuel (Bahan Bakar Minyak)

Dari NPV single fuel pada tabel 4.27, dapat dilihat bahwa NPV yang mendekati 0 adalah pada discount rate 20 % sebesar \$ 6.265.125, dan 25 % sebesar -6.299.822. Dari discount rate 20 % - 25 % maka dibuat interpolasi, hasilnya adalah seperti dibawah ini adalah hasil perhitungan IRR :

Tabel 4.26 Interpolasi IRR Single Fuel

Selisih Discount Rate	Selisih NPV	Selisih NPV dengan Initial Cost
20 %	31.265.125	31.265.125
25 %	18.700.178	25.000.000
5 %	12.564.947	6.265.125

$$\text{IRR single Fuel} = 20 \% + (6.265.125/12.564.947) \times 5\%$$

$$\text{IRR single fuel} = 22,49 \%$$

Artinya dari IRR kapal berbahan bakar minyak layak untuk dikerjakan, karena $\text{IRR} > 13 \%$

II. IRR Dual Fuel

Dari NPV Dual fuel (70:30) A pada tabel 4.28, dapat dilihat bahwa NPV yang mendekati 0 adalah pada discount rate 20 % sebesar \$ 10.163.747, dan 25 % sebesar -5.247.417. Dari discount rate 20 % - 25 % maka dibuat interpolasi, langkah perhitungannya sama seperti tabel 4.26, hasilnya adalah seperti dibawah ini adalah hasil perhitungan IRR :

$$\text{IRR dual fuel (70:30) A} = 20 \% + (10.163.747/15.411.164) \times 5 \%$$

$$\text{IRR dual fuel (70:30) A} = 23.3 \%$$

IRR > 13 % maka modifikasi dual fuel dengan kombinasi campuran perbandingan gas dan minyak pada tahun ke-5, layak untuk dikerjakan. Berikut dibawah ini adalah hasil IRR untuk semua metode, mulai dari single fuel sampai dual fuel dengan kombinasi 80:20.

Tabel 4.31 Hasil IRR

METODE	IRR
Single Fuel	22.49%
Dual Fuel	
- 60:40	
- 60:40 A	23.04%
- 60:40 B	22.82%
- 70:30	
- 70:30 A	23.30%
- 70:30 B	24.32%
- 80:20	
- 80:20 A	23.57%
- 80:20 B	23.35%

Dari perhitungan hasil perhitungan IRR dapat diperoleh kesimpulan bahwa sebenarnya semua kondisi dapat dilaksanakan, karena IRR yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan bunga simpanan di bank. Dari hasil IRR diatas diperoleh IRR yang paling besar adalah pada kondisi Dual fuel dengan perbandingan (70:30) B, dimana IRR nya adalah sebesar 24,32 %, kemudian selanjutnya adalah pada kondisi Dual fuel dengan perbandingan (80:20) A, dimana IRR nya adalah sebesar 23,57 %, sedangkan untuk IRR terendah adalah

sebesar 22,49 % pada kondisi single fuel. Analisa ekonomi untuk studi kelayakan konversi dual fuel diesel engine pada studi kasus kapal container, sangat layak untuk dilakukan pada perbandingan 70:30 bahan bakar gas dengan bahan bakar minyak. Terutama pada kondisi modifikasi dual fuel dari tahun pertama kapal, akan tetapi usia kapal yang di analisa ini adalah 5 tahun jadi yang memungkinkan adalah kondisi dual fuel untuk main engine pada perbandingan campuran 70 : 30 A dimana tingkat IRR nya adalah sebesar 23,30 %.



“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian diatas diperoleh beberapa kesimpulan seperti dibawah ini :

1. Analisa Teknis

- Efek dari konversi dual fuel pada kapal container adalah mengurangi kapasitas container yang bisa diangkut dari yang semula 368 TEU menjadi 344 TEU. Untuk memudahkan penempatan tangki dengan kebutuhan LNG selama endurance 98 jam ($2 \times 50 \text{ m}^3$) di deck kapal, maka digunakan tangki LNG type C. Efek lain dari penambahan storage tank di deck adalah relokasi ruang untuk mendukung sistem LNG seperti dipindahnya ruang paint store, CO₂, dan workshop. Sistem suplai LNG ke main engine terdiri dari bunkering station, LNG tank, inert gas, dan GVU.
- Sistem safety untuk LNG di kapal direncanakan sesuai dengan standard class. Untuk sistem safety yang direncanakan adalah pemasangan gas detection dua baik fixed maupun portable. Gas mast dari LNG tank diatur sesuai dengan zona klasifikasi area, sedangkan untuk fire system menggunakan fixed fire fighting, dan portable fire fighting.
- Stabilitas Kapal akibat penambahan tangki LNG diatas kapal tidak masih dalam keadaan stabil sesuai dengan standar IMO. Stabiitas kapal dilihat dari beberapa parameter seperti area stability level di sudut 30o, sudut 40o, area stability antara sudut 30o dengan 40o, minimum stability level di sudut 30o, maximum angle stability, dan juga initial MG. Cenderung dari semua parameter akibat penambahan tangki di deck mengalami kenaikan.

2. Analisa Ekonomi

- Dari perhitungan NPV dan IRR, dual fuel lebih menguntungkan dibandingkan dengan single fuel, IRR untuk dual fuel dengan

perbandingan campuran 70:30 adalah sebesar 23,3 %, sedangkan single fuel hanya 22,49%, dengan total keuntungan untuk dual fuel adalah \$ 120.541.381 pada tahun ke 20, sedangkan untuk payback period nya pada tahun ke 7. Keuntungan single fuel pada tahun ke 20 keuntungan nya sebesar \$ 89.097.584, dengan payback period pada tahun ke 6.

- Jangka waktu investasi kapal idealnya adalah 20 tahun. kapal yang akan dikonversi menjadi dual lebih menguntungkan jika dilakukan pada kapal-kapal dengan usia maksimal 15 tahun, karena untuk payback period LNG dibutuhkan waktu sampai 2,5 sampai 5 tahun.

3. Dari analisa teknis dan analisa ekonomis diperoleh kesimpulan bahwa konversi dual fuel layak untuk dilakukan. Dari analisa teknis konversi dual fuel layak dilakukan jika dari segi keamanan, ruang yang tersedia, bunkering station di rute pelayaran, dan stabilitas kapal terpenuhi. Sedangkan dari segi ekonomi dual fuel layak dilakukan jika IRR diatas 13 %, dari bunga simpanan di Bank. Konversi dual fuel tidak layak dilakukan jika dari segi teknis dan ekonomis tidak memenuhi kriteria.

5.2. Saran

Dari penelitian diatas diperoleh beberapa saran seperti dibawah ini :

- Disarankan untuk penelitian selanjutnya harus memperhitungkan biaya pembuatan bunkering LNG pada pelabuhan, jika tidak ada fasilitas dari pemerintah atau perusahaan yang membuat bunkering LNG di pelabuhan dalam rute pelayaran.
- Variasikan prosentase kenaikan harga minyak baik HFO, MDO, dan MGO, untuk dibandingkan LNG.
- Pada operational cost harus dihitung juga biaya bahan bakar dan pelumas untuk generator, dan permesinan bantu yang lain nya.

Tabel 4.27 NPV Single Fuel

Tahun	Initial Cost (USD)	Proceeds (USD)	NPV (USD)					
			r=5%	r=6%	r=7%	r=10%	r=20%	r=25%
0	25,000,000							
1		4,232,641	4,031,087	3,993,058	3,955,740	3,847,855	3,680,558	3,386,113
2		4,571,370	4,146,367	4,068,503	3,992,811	3,777,991	3,456,612	2,925,677
3		4,442,232	3,837,367	3,729,784	3,626,185	3,337,515	2,920,840	2,274,423
4		4,663,525	3,836,694	3,693,949	3,557,781	3,185,251	2,666,386	1,910,180
5		4,246,173	3,326,988	3,172,988	3,027,463	2,636,540	2,111,099	1,391,386
6		4,729,910	3,529,532	3,334,400	3,151,739	2,669,911	2,044,871	1,239,918
7		4,751,930	3,377,108	3,160,305	2,959,263	2,438,491	1,786,427	996,552
8		4,579,547	3,099,618	2,873,265	2,665,338	2,136,393	1,497,062	768,321
9		4,770,224	3,074,929	2,823,488	2,594,686	2,023,041	1,355,995	640,249
10		4,298,996	2,636,141	2,397,745	2,182,850	1,655,521	1,061,410	461,064
11		7,312,318	4,275,361	3,852,038	3,474,029	2,562,923	1,571,733	628,123
12		7,284,829	4,056,466	3,620,337	3,234,551	2,321,171	1,361,587	500,610
13		7,054,081	3,740,930	3,307,229	2,927,193	2,043,316	1,146,485	387,802
14		7,191,230	3,632,060	3,180,688	2,788,883	1,893,676	1,016,327	316,274
15		6,644,642	3,196,186	2,772,577	2,408,324	1,590,674	816,590	233,788
16		7,038,925	3,224,612	2,770,846	2,384,327	1,531,875	752,213	198,128
17		6,937,757	3,026,920	2,576,436	2,196,316	1,372,593	644,697	156,224
18		6,627,600	2,753,905	2,321,939	1,960,868	1,192,032	535,544	119,392
19		6,678,620	2,642,957	2,207,371	1,846,694	1,092,008	469,275	96,249
20		6,046,032	2,278,686	1,885,181	1,562,410	898,704	369,414	69,706
			42,723,914	36,742,126	31,497,451	19,207,487	6,265,125	(6,299,822)

Tabel 4.28 NPV Dual Fuel 70:30 A

Tahun	Initial Cost (USD)	Proceeds (USD)	NPV (USD)					
			$r = 5\%$	$r = 6\%$	$r = 7\%$	$r = 10\%$	$r = 20\%$	$r = 25\%$
0	25,000,000							
1		4,232,641	4,031,087	3,993,058	3,955,740	3,847,856	3,680,558	3,386,113
2		4,571,370	4,146,367	4,068,503	3,992,811	3,777,991	3,456,612	2,925,677
3		4,442,232	3,837,367	3,729,784	3,626,185	3,337,515	2,920,840	2,274,423
4		4,663,525	3,836,694	3,693,949	3,557,781	3,185,251	2,666,386	1,910,180
5	4,686,250	28,548	22,368	21,333	20,355	17,726	14,194	9,355
6		6,302,145	4,702,758	4,442,764	4,199,385	3,557,397	2,724,591	1,652,070
7		6,424,807	4,565,990	4,272,864	4,001,047	3,296,942	2,415,323	1,347,380
8		6,261,144	4,237,789	3,928,319	3,644,043	2,920,870	2,046,779	1,050,446
9		6,661,427	4,294,015	3,942,888	3,623,375	2,825,095	1,893,593	894,082
10		6,032,006	3,703,128	3,368,240	3,066,366	2,325,599	1,491,020	647,682
11		9,446,596	5,523,229	4,976,349	4,488,010	3,310,974	2,030,482	811,456
12		9,550,747	5,318,214	4,746,429	4,240,646	3,043,162	1,785,103	656,322
13		9,331,351	4,948,615	4,374,901	3,872,179	2,702,960	1,516,605	512,996
14		9,742,418	4,920,583	4,309,081	3,778,278	2,565,483	1,376,883	428,476
15		8,995,742	4,327,106	3,753,609	3,260,471	2,153,509	1,105,527	316,510
16		9,907,306	4,538,651	3,899,974	3,355,947	2,156,118	1,058,742	278,866
17		9,977,758	4,353,263	3,705,384	3,158,703	1,974,046	927,192	224,679
18		9,682,342	4,023,213	3,392,148	2,864,656	1,741,454	782,383	174,422
19		10,090,200	3,993,035	3,334,942	2,790,024	1,649,828	708,991	145,415
20		9,197,074	3,466,280	2,857,691	2,376,699	1,367,086	561,944	106,035
		145,541,381	57,789,752	49,822,211	42,872,699	26,756,865	10,163,747	(5,247,417)

Tabel 4.29 NPV Dual Fuel 70:30 B

Tahun	Initial Cost (USD)	Proceeds (USD)	NPV (USD)					
			r = 5%	r = 6%	r = 7%	r = 10%	r = 20%	r = 25%
0	29,686,250							
1		5,690,771	5,419,782	5,368,652	5,318,478	5,173,429	4,948,497	4,552,617
2		5,327,281	4,832,001	4,741,261	4,653,053	4,402,711	4,028,190	3,409,460
3		5,204,821	4,496,120	4,370,068	4,248,684	3,910,459	3,422,254	2,664,868
4		5,585,913	4,595,544	4,424,566	4,261,466	3,815,254	3,193,764	2,287,990
5		5,051,694	3,958,135	3,774,920	3,601,788	3,136,705	2,511,585	1,655,339
6		5,837,934	4,356,356	4,115,513	3,890,062	3,295,362	2,523,900	1,530,379
7		5,960,596	4,236,084	3,964,137	3,711,960	3,058,728	2,240,809	1,250,028
8		5,796,933	3,923,592	3,637,067	3,373,868	2,704,312	1,895,028	972,564
9		6,197,216	3,994,780	3,668,122	3,370,875	2,628,224	1,761,635	831,776
10		5,567,795	3,418,143	3,109,027	2,830,384	2,146,626	1,376,274	597,837
11		9,423,673	5,509,826	4,964,273	4,477,119	3,302,940	2,025,555	809,487
12		9,527,824	5,305,449	4,735,037	4,230,468	3,035,858	1,780,818	654,747
13		9,308,427	4,936,458	4,364,154	3,862,666	2,696,320	1,512,880	511,736
14		9,719,494	4,909,005	4,298,942	3,769,388	2,559,447	1,373,643	427,468
15		8,972,818	4,316,079	3,744,044	3,252,162	2,148,021	1,102,710	315,708
16		9,884,382	4,528,149	3,890,950	3,348,182	2,151,130	1,056,292	278,221
17		9,954,834	4,343,261	3,696,871	3,151,446	1,969,511	925,062	224,163
18		9,659,418	4,013,688	3,384,117	2,857,873	1,737,331	780,530	174,009
19		10,067,277	3,983,963	3,327,366	2,783,686	1,646,080	707,380	145,085
20		9,174,150	3,457,641	2,860,543	2,370,775	1,363,679	560,543	105,771
		151,913,252	58,847,808	50,753,382	43,678,133	27,195,876	39,727,349	(6,287,002)

Tabel 4.30 NPV Dual Fuel 60:40 A

Tahun	Initial Cost (USD)	Proceeds (USD)	NPV (USD)					
			r = 5%	r = 6%	r = 7%	r = 10%	r = 20%	r = 25%
0	25,000,000							
1		4,232,641	4,031,087	3,993,058	3,955,740	3,847,856	3,680,568	3,386,113
2		4,571,370	4,146,367	4,068,503	3,992,811	3,777,991	3,456,612	2,925,677
3		4,442,232	3,837,367	3,729,784	3,626,185	3,337,515	2,920,840	2,274,423
4		4,663,525	3,836,694	3,693,949	3,557,781	3,185,251	2,666,386	1,910,180
5	4,686,250	28,548	22,368	21,333	20,355	17,726	14,194	9,355
6		5,931,518	4,426,190	4,181,486	3,952,421	3,348,187	2,564,359	1,554,912
7		6,035,648	4,289,423	4,014,051	3,758,699	3,097,242	2,269,024	1,265,767
8		5,915,961	4,004,155	3,711,747	3,443,143	2,759,839	1,933,938	992,533
9		6,232,379	4,017,447	3,688,936	3,390,001	2,643,137	1,771,631	836,496
10		5,756,344	3,533,896	3,214,312	2,926,233	2,219,320	1,422,880	618,083
11		8,973,572	5,246,662	4,727,166	4,263,279	3,145,182	1,928,808	770,824
12		9,054,071	5,041,646	4,499,596	4,020,116	2,884,906	1,692,271	622,191
13		8,890,800	4,714,981	4,168,354	3,689,366	2,575,348	1,445,004	488,777
14		9,194,833	4,644,015	4,066,883	3,565,915	2,421,287	1,299,493	404,393
15		8,643,920	4,157,873	3,606,806	3,132,954	2,069,286	1,062,290	304,131
16		9,303,593	4,262,083	3,662,325	3,151,449	2,024,733	994,226	261,873
17		9,343,860	4,076,695	3,469,977	2,958,027	1,848,633	868,286	210,405
18		9,120,075	3,789,579	3,195,162	2,698,301	1,640,326	736,949	164,293
19		9,391,327	3,716,467	3,103,956	2,596,780	1,535,557	659,885	135,343
20		8,748,050	3,297,048	2,727,683	2,260,662	1,300,342	534,508	100,858
		138,474,267	54,092,044	46,545,066	39,960,218	24,679,684	8,922,142	(5,763,374)

Tabel 4.32 NPV Dual Fuel 60:40 B

Tahun	Initial Cost (USD)	Proceeds (USD)	NPV (USD)					
			$r = 5\%$	$r = 6\%$	$r = 7\%$	$r = 10\%$	$r = 20\%$	$r = 25\%$
0	29,686,250							
1		5,690,771	5,419,782	5,368,652	5,318,478	5,173,429	4,948,497	4,552,617
2		5,327,281	4,832,001	4,741,261	4,653,053	4,402,711	4,028,190	3,409,460
3		5,204,821	4,496,120	4,370,068	4,246,684	3,910,459	3,422,254	2,664,868
4		5,585,913	4,595,544	4,424,566	4,261,466	3,815,254	3,193,764	2,287,990
5		5,051,694	3,958,135	3,774,920	3,601,788	3,136,705	2,511,585	1,655,339
6		5,467,307	4,079,789	3,854,236	3,643,097	3,086,152	2,363,868	1,433,222
7		5,571,437	3,959,517	3,705,324	3,469,611	2,859,028	2,094,510	1,168,415
8		5,451,750	3,689,959	3,420,495	3,172,968	2,543,281	1,782,187	914,652
9		5,768,168	3,718,213	3,414,170	3,137,501	2,446,266	1,639,673	774,190
10		5,292,133	3,248,910	2,955,099	2,690,252	2,040,346	1,306,134	568,238
11		8,950,648	5,233,259	4,715,090	4,252,388	3,137,148	1,923,881	768,855
12		9,031,148	5,028,881	4,488,204	4,009,938	2,877,602	1,687,986	620,616
13		8,867,876	4,702,824	4,157,606	3,679,853	2,568,708	1,441,278	487,517
14		9,171,909	4,632,437	4,056,744	3,557,025	2,415,250	1,296,254	403,385
15		8,620,996	4,146,847	3,597,240	3,124,646	2,063,798	1,059,473	303,324
16		9,280,669	4,251,582	3,653,301	3,143,684	2,019,744	991,777	261,228
17		9,320,936	4,066,694	3,461,464	2,950,770	1,844,098	866,156	209,889
18		9,097,151	3,780,054	3,187,130	2,691,519	1,636,203	735,096	163,880
19		9,368,404	3,707,395	3,096,379	2,590,442	1,531,809	658,274	135,013
20		8,725,126	3,288,408	2,720,536	2,254,738	1,296,934	533,108	100,594
		144,846,139	55,150,099	47,476,236	40,765,652	25,118,675	8,799,493	(6,802,959)

Tabel 4.33 NPV Dual Fuel 80:20 A

Tahun	Initial Cost (USD)	Proceeds (USD)	NPV (USD)					
			$r = 5\%$	$r = 6\%$	$r = 7\%$	$r = 10\%$	$r = 20\%$	$r = 25\%$
0	25,000,000							
1		4,232,641	4,031,087	3,993,058	3,955,740	3,847,856	3,680,558	3,386,113
2		4,571,370	4,146,367	4,068,503	3,992,811	3,777,991	3,456,612	2,925,677
3		4,442,232	3,837,367	3,729,784	3,626,185	3,337,515	2,920,840	2,274,423
4		4,663,525	3,836,694	3,693,949	3,557,781	3,185,251	2,666,386	1,910,180
5	4,686,250	28,548	22,368	21,333	20,355	17,726	14,194	9,355
6		6,672,772	4,979,326	4,704,041	4,446,350	3,766,606	2,884,824	1,749,227
7		6,813,966	4,842,558	4,531,676	4,243,395	3,496,642	2,561,622	1,428,992
8		6,714,620	4,544,719	4,212,836	3,907,970	3,132,420	2,195,021	1,126,526
9		7,090,474	4,570,583	4,196,841	3,856,748	3,007,053	2,015,555	951,667
10		6,606,150	4,055,603	3,688,840	3,358,232	2,546,957	1,632,939	709,330
11		9,919,621	5,799,797	5,225,533	4,712,741	3,476,767	2,132,155	852,069
12		10,047,423	5,594,781	4,993,262	4,461,176	3,201,419	1,877,935	690,454
13		9,910,114	5,255,545	4,646,248	4,112,345	2,870,607	1,610,671	544,814
14		10,290,003	5,197,151	4,551,278	3,990,641	2,709,679	1,454,272	452,559
15		9,728,512	4,679,581	4,059,368	3,526,060	2,328,928	1,195,580	342,292
16		10,511,019	4,815,219	4,137,623	3,560,446	2,287,504	1,123,258	295,859
17		10,611,656	4,629,831	3,940,792	3,359,379	2,099,460	986,098	238,953
18		10,421,007	4,330,144	3,650,935	3,083,200	1,874,310	842,071	187,728
19		10,789,073	4,269,603	3,565,929	2,983,269	1,764,100	758,098	155,487
20		10,132,295	3,818,755	3,159,297	2,618,377	1,506,101	619,086	116,817
		154,197,023	62,257,078	53,771,126	46,373,200	29,234,891	11,627,774	(4,651,457)

Tabel 4.35 Payback Period Single Fuel

Tahun	Initial Cost (USD)	Inc. Bruto (USD)	Cicilan Bank (USD)	Qtr. Cost (USD)	Depresiasi (USD)	Inc. Sebelum Pajak	Pajak 10%	Inc. Setelah Pajak	Inc. Netto (USD)	Cum Inc. Netto (USD)	Inv. Yg belum Kembali
0	25,000,000										
1		12,953,600	2,848,044	5,541,510	1,250,000	3,314,046	331,405	2,982,641	4,232,641	4,232,641	-20,767,359
2		13,601,280	2,848,044	5,812,825	1,250,000	3,680,411	368,041	3,321,370	4,571,370	8,804,011	-16,195,989
3		13,624,464	2,848,044	5,979,485	1,250,000	3,546,925	354,692	3,192,232	4,442,232	13,246,243	-11,753,757
4		14,289,845	2,848,044	6,398,994	1,250,000	3,792,806	379,281	3,413,525	4,663,525	17,909,769	-7,080,231
5		13,814,870	2,848,044	6,387,744	1,250,000	3,329,081	332,908	2,996,173	4,246,173	22,155,942	-2,844,058
6		15,013,268	2,848,044	7,048,657	1,250,000	3,866,567	386,657	3,479,910	4,729,910	26,885,852	1,885,852
7		15,388,600	2,848,044	7,399,522	1,250,000	3,891,083	389,108	3,501,980	4,751,980	31,637,832	6,637,832
8		15,414,880	2,848,044	7,617,289	1,250,000	3,689,487	368,950	3,320,547	4,579,547	36,217,380	11,217,380
9		16,167,648	2,848,044	8,158,243	1,250,000	3,911,360	391,136	3,520,224	4,770,224	40,987,604	15,987,604
10		15,680,257	2,848,044	8,149,995	1,250,000	3,382,218	338,222	3,043,996	4,288,996	45,281,550	20,281,550
11		16,986,135	-	9,001,227	1,250,000	6,735,908	673,591	6,062,318	7,312,318	52,593,867	27,593,867
12		17,410,788	-	9,455,422	1,250,000	6,705,366	670,537	6,034,829	7,284,829	59,878,697	34,878,697
13		17,440,466	-	9,741,487	1,250,000	6,448,979	644,898	5,804,081	7,054,081	66,932,778	41,932,778
14		18,292,209	-	10,440,842	1,250,000	6,601,367	660,137	5,941,230	7,191,230	74,124,008	49,124,008
15		17,684,201	-	10,440,155	1,250,000	5,994,047	599,405	5,394,642	6,644,642	80,768,650	55,768,650
16		19,218,253	-	11,536,114	1,250,000	6,482,138	648,214	5,833,925	7,088,925	87,807,575	62,807,575
17		19,688,709	-	12,128,979	1,250,000	6,319,730	631,973	5,687,757	6,987,757	94,745,332	69,745,332
18		19,732,286	-	12,507,175	1,250,000	5,975,112	597,511	5,377,600	6,627,600	101,372,932	76,372,932
19		20,665,956	-	13,414,156	1,250,000	6,081,810	608,180	5,473,620	6,678,620	108,051,552	83,051,552
20		20,008,051	-	13,429,126	1,250,000	5,328,924	532,892	4,796,032	6,046,032	114,097,584	89,097,584

Tabel 4.36 Payback Period Dual Fuel 60:40 A

Tahun	Initial Cost (USD)	Inc. Bruto (USD)	Cicilan Bank (USD)	Qpr. Cost (USD)	Depresiasi (USD)	Inc. Sebelum Pajak	Pajak 10%	Inc. Setelah Pajak	Inc. Netto (USD)	Cum Inc. Netto (USD)	Inv. Yg belum Kembali
0	25,000,000										
1		12,953,600	2,818,044	5,541,510	1,250,000	3,314,016	331,405	2,982,611	4,232,611	4,232,611	-20,767,359
2		13,601,280	2,818,044	5,812,825	1,250,000	3,690,411	369,041	3,321,370	4,571,370	8,804,011	-16,196,989
3		13,624,464	2,818,044	5,979,495	1,250,000	3,546,925	354,692	3,192,232	4,442,232	13,246,243	-11,753,757
4		14,289,815	2,818,044	6,398,991	1,250,000	3,792,805	379,281	3,413,525	4,663,525	17,909,769	-7,090,231
5	4,666,250	13,814,870	2,818,044	6,387,744	1,250,000	(1,357,169)	(135,717)	(1,221,452)	28,548	17,938,317	-7,061,683
6		14,084,142	2,818,044	4,734,411	1,250,000	5,201,687	520,169	4,681,518	5,931,518	23,869,835	-1,130,165
7		14,384,996	2,818,044	4,969,564	1,250,000	5,317,387	531,739	4,785,648	6,035,648	29,905,483	4,905,483
8		14,409,515	2,818,044	5,127,070	1,250,000	5,184,401	518,440	4,665,961	5,915,961	35,821,444	10,821,444
9		15,113,236	2,818,044	5,479,215	1,250,000	5,535,977	553,598	4,982,379	6,232,379	42,053,823	17,053,823
10		14,610,898	2,818,044	5,505,800	1,250,000	5,007,048	500,705	4,506,344	5,756,344	47,810,167	22,810,167
11		15,878,344	-	6,046,597	1,250,000	8,581,746	858,175	7,723,572	8,973,572	56,783,739	31,783,739
12		16,275,302	-	6,351,112	1,250,000	8,671,190	867,119	7,804,071	9,054,071	65,837,810	40,837,810
13		16,303,044	-	6,563,266	1,250,000	8,489,778	848,978	7,640,800	8,890,800	74,728,610	49,728,610
14		17,029,239	-	7,021,647	1,250,000	8,827,592	882,759	7,944,833	9,194,833	83,923,443	58,923,443
15		16,530,884	-	7,065,418	1,250,000	8,215,465	821,547	7,393,920	8,643,920	92,567,363	67,557,363
16		17,964,888	-	7,765,451	1,250,000	8,948,437	894,844	8,053,593	9,303,593	101,870,956	76,870,956
17		18,414,010	-	8,170,838	1,250,000	8,993,177	899,318	8,093,860	9,343,860	111,214,815	86,214,815
18		18,445,398	-	8,450,871	1,250,000	8,744,527	874,453	7,870,075	9,120,075	120,334,890	95,334,890
19		19,346,220	-	9,050,301	1,250,000	9,045,919	904,592	8,141,327	9,391,327	129,726,217	104,726,217
20		18,703,178	-	9,122,011	1,250,000	8,331,166	833,117	7,498,050	8,748,050	138,474,267	113,474,267

Tabel 4.37 Payback Period Dual Fuel 60:40 B

Tahun	Initial Cost (USD)	Inc. Bruto (USD)	Cidlan Bank (USD)	Opr. Cost (USD)	Depresiasi (USD)	Inc. Sebelum Pajak	Pajak 10%	Inc. Setelah Pajak	Inc. Netto (USD)	Cum Inc. Netto (USD)	Inv. Yg belum Kembali
0	29,686,250										
1		12,108,800	3,338,364	3,457,080	1,484,313	3,829,043	382,904	3,446,139	4,930,451	4,930,451	-24,755,799
2		12,714,240	3,338,364	3,621,599	1,484,313	4,269,965	426,996	3,842,968	5,327,281	10,257,732	-19,428,518
3		12,735,912	3,338,364	3,779,337	1,484,313	4,133,899	413,390	3,720,509	5,204,821	15,462,553	-14,223,687
4		13,357,898	3,338,364	3,977,889	1,484,313	4,557,334	455,733	4,101,600	5,585,913	21,048,466	-8,637,784
5		12,913,900	3,338,364	4,127,466	1,484,313	3,963,757	396,376	3,567,382	5,061,694	26,100,160	-3,586,090
6		14,034,142	3,338,364	4,785,916	1,484,313	4,425,549	442,555	3,982,994	5,467,307	31,567,467	1,881,217
7		14,384,996	3,338,364	5,021,069	1,484,313	4,541,250	454,125	4,087,125	5,571,437	37,138,905	7,452,655
8		14,409,515	3,338,364	5,178,576	1,484,313	4,408,263	440,826	3,967,437	5,451,750	42,590,654	12,904,404
9		15,113,236	3,338,364	5,530,720	1,484,313	4,759,840	475,984	4,283,856	5,768,168	48,358,822	18,672,572
10		14,610,893	3,338,364	5,557,305	1,484,313	4,230,911	423,091	3,807,820	5,292,133	53,650,955	23,964,705
11		15,878,344	-	6,098,103	1,484,313	8,295,928	829,593	7,466,336	8,930,648	62,601,603	32,915,363
12		16,275,302	-	6,405,617	1,484,313	8,385,373	838,537	7,546,835	9,031,148	71,632,751	41,946,501
13		16,303,044	-	6,614,772	1,484,313	8,203,960	820,396	7,383,564	8,867,876	80,500,627	50,814,377
14		17,099,239	-	7,073,153	1,484,313	8,541,774	854,177	7,687,597	9,171,909	89,672,536	59,986,286
15		16,530,884	-	7,116,923	1,484,313	7,529,648	752,965	7,136,684	8,620,936	98,293,532	68,607,282
16		17,964,888	-	7,817,957	1,484,313	8,662,619	866,262	7,796,357	9,280,669	107,574,202	77,887,962
17		18,414,010	-	8,222,338	1,484,313	8,707,360	870,736	7,836,624	9,320,936	116,895,138	87,208,888
18		18,445,398	-	8,502,376	1,484,313	8,458,709	845,871	7,612,838	9,097,151	125,992,289	96,308,039
19		19,346,220	-	9,101,806	1,484,313	8,760,101	876,010	7,884,091	9,368,404	135,360,693	105,674,443
20		18,703,178	-	9,173,517	1,484,313	8,045,348	804,535	7,240,814	8,725,126	144,085,819	114,399,569

Tabel 4.37 Payback Period Dual Fuel 70:30 A

Tahun	Initial Cost (USD)	Inc. Bruto (USD)	Cicilan Bank (USD)	Qtr. Cost (USD)	Depresiasi (USD)	Inc. Sebelum Pajak	Pajak 10%	Inc. Setelah Pajak	Inc. Netto (USD)	Cum Inc. Netto (USD)	Inv. Yg belum Kembali
0	25,000,000										
1		12,953,600	2,818,044	5,541,510	1,250,000	3,314,046	331,405	2,982,641	4,232,641	4,232,641	-20,767,359
2		13,601,280	2,818,044	5,812,825	1,250,000	3,680,411	368,041	3,312,370	4,571,370	8,804,011	-16,195,989
3		13,624,464	2,818,044	5,973,485	1,250,000	3,546,925	354,692	3,192,232	4,442,732	13,246,243	-11,753,757
4		14,289,845	2,818,044	6,338,994	1,250,000	3,792,806	379,281	3,413,525	4,663,525	17,909,769	-7,090,231
5		4,686,250	13,814,870	2,818,044	6,387,744	1,250,000	(1,357,169)	(135,717)	(1,221,452)	28,548	-7,031,683
6		14,034,142	2,818,044	4,322,818	1,250,000	5,613,495	561,349	5,052,145	6,302,145	24,210,462	-759,538
7		14,384,936	2,818,044	4,537,166	1,250,000	5,749,786	574,979	5,174,807	6,424,807	30,635,269	563,529
8		14,409,515	2,818,044	4,748,533	1,250,000	5,567,988	556,794	5,011,144	6,261,144	36,926,413	11,926,413
9		15,113,286	2,818,044	5,002,485	1,250,000	6,012,686	601,270	5,411,427	6,661,427	43,587,840	18,587,840
10		14,610,838	2,818,044	5,199,509	1,250,000	5,313,340	531,334	4,782,006	6,082,006	49,619,846	24,619,846
11		15,878,344	-	5,521,014	1,250,000	9,107,329	910,733	8,196,596	9,446,596	59,066,442	34,036,442
12		16,275,302	-	5,802,249	1,250,000	9,223,058	922,305	8,300,747	9,550,747	68,617,189	43,617,189
13		16,303,044	-	6,073,765	1,250,000	8,979,279	897,928	8,081,351	9,331,351	77,948,540	52,948,540
14		17,099,239	-	6,413,219	1,250,000	9,436,010	943,612	8,492,418	9,742,418	87,690,959	62,690,959
15		16,530,884	-	6,674,504	1,250,000	8,606,380	860,638	7,745,742	8,995,742	96,686,701	71,686,701
16		17,964,888	-	7,085,660	1,250,000	9,619,229	961,923	8,657,306	9,907,306	106,594,006	81,594,006
17		18,414,010	-	7,466,502	1,250,000	9,697,509	969,751	8,727,758	9,977,758	116,571,764	91,571,764
18		18,445,338	-	7,826,129	1,250,000	9,369,289	936,927	8,432,342	9,682,342	126,254,106	101,254,106
19		19,345,220	-	8,273,775	1,250,000	9,822,445	982,244	8,840,200	10,081,200	136,344,307	111,344,307
20		18,703,178	-	8,623,065	1,250,000	8,830,082	883,008	7,947,074	9,197,074	145,541,381	120,541,381

Tabel 4.38 Payback Period Dual Fuel 70:30 B

Tahun	Initial Cost (USD)	Inc. Bruto (USD)	Oil dan Bank (USD)	Qtr. Cost (USD)	Depresiasi (USD)	Inc. Sebelum Pajak	Pajak 10%	Inc. Setelah Pajak	Inc. Netto (USD)	Cum Inc. Netto (USD)	Inv. Yg belum Kembali
0	29,686,250										
1		12,108,800	3,388,364	3,457,080	1,484,313	3,829,043	382,904	3,446,139	4,980,461	4,980,461	-24,755,799
2		12,714,240	3,388,364	3,621,599	1,484,313	4,209,955	420,996	3,842,958	5,327,281	10,257,732	-19,428,518
3		12,735,912	3,388,364	3,779,337	1,484,313	4,133,889	413,380	3,720,509	5,204,821	15,462,553	-14,223,697
4		13,357,888	3,388,364	3,977,889	1,484,313	4,557,384	455,738	4,101,600	5,585,913	21,048,466	-8,637,784
5		12,913,900	3,388,364	4,127,466	1,484,313	3,963,757	396,376	3,567,382	5,051,694	26,100,160	-3,586,080
6		14,084,142	3,388,364	4,374,108	1,484,313	4,837,357	483,736	4,353,622	5,837,984	31,938,094	2,251,844
7		14,384,956	3,388,364	4,588,671	1,484,313	4,973,648	497,365	4,476,284	5,980,596	37,898,680	8,212,440
8		14,409,515	3,388,364	4,735,089	1,484,313	4,791,800	479,180	4,312,620	5,795,983	43,694,623	14,009,373
9		15,113,236	3,388,364	5,054,001	1,484,313	5,235,559	523,556	4,712,003	6,197,216	49,892,839	20,206,589
10		14,610,888	3,388,364	5,251,014	1,484,313	4,537,112	453,710	4,083,482	5,567,735	55,460,624	25,774,384
11		15,878,344	-	5,572,520	1,484,313	8,821,511	882,151	7,939,360	9,423,673	64,884,306	35,198,056
12		16,275,302	-	5,853,755	1,484,313	8,937,235	893,723	8,043,511	9,527,824	74,412,130	44,725,880
13		16,303,044	-	6,125,271	1,484,313	8,683,461	868,346	7,824,115	9,308,427	83,720,557	54,034,307
14		17,089,239	-	6,464,725	1,484,313	9,150,202	915,020	8,235,182	9,719,494	93,440,052	63,753,802
15		16,530,884	-	6,726,009	1,484,313	8,320,552	832,056	7,488,506	8,972,818	102,412,870	72,726,620
16		17,964,888	-	7,147,165	1,484,313	9,333,411	933,341	8,400,070	9,884,332	112,297,253	82,611,003
17		18,414,010	-	7,518,007	1,484,313	9,411,691	941,169	8,470,522	9,954,884	122,252,087	92,566,837
18		18,445,398	-	7,877,635	1,484,313	9,083,451	908,345	8,175,106	9,659,418	131,911,505	102,225,255
19		19,316,220	-	8,325,280	1,484,313	9,535,627	953,563	8,582,064	10,067,277	141,978,782	112,292,532
20		18,703,178	-	8,674,601	1,484,313	8,544,264	854,426	7,689,838	9,174,150	151,152,932	121,466,682

Tabel 4.39 Payback Period Dual Fuel 80:20 A

Tahun	Initial Cost (USD)	Inc. Bruto (USD)	Costs Bank (USD)	Op. Cost (USD)	Depresiasi (USD)	Inc. Sebelum Pajak	Pajak 10%	Inc. Setelah Pajak	Inc. Netto (USD)	Cum Inc. Netto (USD)	Inv. Yg belum Kembali
0	25,000,000										
1		12,953,000	2,848,044	5,541,510	1,250,000	3,314,046	331,405	2,982,641	4,232,641	4,232,641	-20,767,359
2		13,601,280	2,848,044	5,812,825	1,250,000	3,680,411	368,041	3,321,370	4,571,370	8,804,011	-16,195,989
3		13,624,464	2,848,044	5,979,495	1,250,000	3,546,925	354,692	3,192,232	4,442,232	13,246,243	-11,753,757
4		14,288,815	2,848,044	6,398,994	1,250,000	3,792,805	379,281	3,413,525	4,663,525	17,909,768	-7,090,231
5	4,636,250	13,814,870	2,848,044	6,387,744	1,250,000	(1,357,169)	(135,717)	(1,221,452)	28,548	17,938,317	-7,061,683
6		14,084,142	2,848,044	3,910,795	1,250,000	6,025,303	602,530	5,422,772	6,672,772	24,611,089	-388,911
7		14,381,996	2,848,044	4,104,767	1,250,000	6,182,181	618,218	5,563,966	6,813,966	31,425,055	6,425,055
8		14,408,515	2,848,044	4,239,671	1,250,000	6,071,800	607,180	5,464,620	6,714,620	38,139,675	13,139,675
9		15,113,296	2,848,044	4,525,776	1,250,000	6,489,416	648,942	5,840,474	7,090,474	45,230,149	20,230,149
10		14,610,893	2,848,044	4,561,571	1,250,000	5,951,278	595,128	5,356,150	6,606,150	51,836,299	28,836,299
11		15,878,314	-	4,995,431	1,250,000	9,632,912	963,291	8,669,621	9,919,621	61,755,920	36,755,920
12		16,275,302	-	5,250,387	1,250,000	9,774,915	977,491	8,797,423	10,047,423	71,803,344	46,803,344
13		16,308,044	-	5,430,695	1,250,000	9,622,349	962,235	8,660,114	9,910,114	81,713,458	56,713,458
14		17,089,239	-	5,804,791	1,250,000	10,044,448	1,004,445	9,040,003	10,290,003	92,003,462	67,003,462
15		16,530,884	-	5,860,315	1,250,000	9,420,569	942,057	8,478,512	9,728,512	101,731,974	76,731,974
16		17,964,888	-	6,424,868	1,250,000	10,290,021	1,029,002	9,261,019	10,511,019	112,242,992	87,242,992
17		18,414,010	-	6,762,170	1,250,000	10,401,840	1,040,184	9,361,656	10,611,656	122,854,649	97,854,649
18		18,445,398	-	7,005,390	1,250,000	10,190,008	1,019,001	9,171,007	10,421,007	133,275,656	108,275,656
19		19,346,220	-	7,497,250	1,250,000	10,398,970	1,039,897	9,359,073	10,789,073	144,064,729	119,064,729
20		18,708,178	-	7,583,961	1,250,000	9,869,216	986,922	8,882,295	10,132,295	154,197,023	129,197,023

Tabel 4.40 Payback Period Dual Fuel 80:20 B

Tahun	Initial Cost (USD)	Inc. Bruto (USD)	Cicilan Bank (USD)	Qpr. Cost (USD)	Depresiasi (USD)	Inc. Sebelum Pajak	Pajak 10%	Inc. Setelah Pajak	Inc. Netto (USD)	Cum Inc. Netto (USD)	Inv. Yg belum Kembali
0	23,685,250										
1		12,108,800	3,388,364	3,457,080	1,484,313	3,829,043	382,904	3,446,139	4,930,451	4,930,451	-24,755,799
2		12,714,240	3,388,364	3,621,599	1,484,313	4,209,905	420,990	3,842,908	5,327,281	10,257,732	-19,428,518
3		12,735,912	3,388,364	3,779,337	1,484,313	4,133,899	413,390	3,720,509	5,204,821	15,462,553	-14,223,697
4		13,357,898	3,388,364	3,977,880	1,484,313	4,557,334	455,733	4,101,600	5,585,913	21,048,466	-8,637,784
5		12,913,900	3,388,364	4,127,465	1,484,313	3,953,757	395,376	3,557,382	5,051,694	26,100,160	-3,586,090
6		14,034,142	3,388,364	3,962,300	1,484,313	5,249,165	524,917	4,724,249	6,208,561	32,308,722	2,622,472
7		14,384,996	3,388,364	4,155,272	1,484,313	5,406,047	540,605	4,865,442	6,349,755	38,658,476	8,972,226
8		14,409,515	3,388,364	4,291,176	1,484,313	5,295,663	529,566	4,766,097	6,250,409	44,908,885	15,222,635
9		15,113,296	3,388,364	4,577,281	1,484,313	5,713,278	571,328	5,141,950	6,626,263	51,535,148	21,848,898
10		14,610,883	3,388,364	4,613,076	1,484,313	5,175,140	517,514	4,657,626	6,141,939	57,677,087	27,980,837
11		15,878,344	-	5,046,937	1,484,313	9,347,094	934,709	8,412,385	9,896,697	67,573,785	37,887,535
12		16,275,302	-	5,301,893	1,484,313	9,489,097	948,910	8,540,187	10,024,500	77,598,285	47,912,035
13		16,308,044	-	5,482,200	1,484,313	9,386,531	938,653	8,402,878	9,887,191	87,485,475	57,799,225
14		17,099,239	-	5,855,297	1,484,313	9,758,630	975,863	8,782,767	10,267,080	97,752,555	68,066,305
15		16,530,884	-	5,911,821	1,484,313	9,134,751	913,475	8,221,276	9,705,588	107,458,143	77,771,893
16		17,964,888	-	6,476,373	1,484,313	10,004,203	1,000,420	9,003,782	10,488,095	117,946,238	88,259,988
17		18,414,010	-	6,813,675	1,484,313	10,116,023	1,011,602	9,104,420	10,588,733	128,534,971	98,848,721
18		18,445,398	-	7,055,895	1,484,313	9,904,190	990,419	8,913,771	10,398,083	138,933,054	109,246,804
19		19,346,220	-	7,548,755	1,484,313	10,313,152	1,031,315	9,281,837	10,766,150	149,699,204	120,012,954
20		18,708,178	-	7,635,467	1,484,313	9,593,398	959,340	8,625,059	10,109,371	159,808,575	130,122,325

Tabel 4.41 Payback Period Dual Fuel 90:10 A

Tahun	Initial Cost (USD)	Inc. Bruto (USD)	OcilanBerk (USD)	Qtr. Cost (USD)	Depresiasi (USD)	Inc. Sebelum Pajak	Pajak 10%	Inc. Setelah Pajak	Inc. Netto (USD)	Cum Inc. Netto (USD)	Inv. Ygbelum Kembali
0	25,000,000										
1		12,958,600	2,848,044	5,541,510	1,250,000	3,314,046	331,405	2,982,641	4,232,641	4,232,641	-20,767,359
2		13,601,280	2,848,044	5,812,825	1,250,000	3,680,411	368,041	3,321,370	4,571,370	8,804,011	-16,196,989
3		13,624,464	2,848,044	5,979,495	1,250,000	3,546,925	354,692	3,192,232	4,442,232	13,246,243	-11,753,757
4		14,289,845	2,848,044	6,398,994	1,250,000	3,792,805	379,281	3,413,525	4,663,525	17,909,769	-7,080,231
5	4,666,250	13,814,870	2,848,044	6,387,744	1,250,000	(1,357,169)	(135,717)	(1,221,452)	28,548	17,938,317	-7,061,683
6		14,084,142	2,848,044	3,540,739	1,250,000	6,386,358	638,636	5,747,722	6,997,722	24,936,040	-63,960
7		14,384,996	2,848,044	3,723,088	1,250,000	6,563,868	656,387	5,907,481	7,157,481	32,093,521	7,083,521
8		14,409,515	2,848,044	3,846,665	1,250,000	6,464,805	646,481	5,818,325	7,068,325	39,161,846	14,161,846
9		15,113,236	2,848,044	4,099,690	1,250,000	6,915,501	691,550	6,223,951	7,473,951	46,635,797	21,635,797
10		14,610,888	2,848,044	4,140,088	1,250,000	6,372,750	637,275	5,735,475	6,985,475	53,621,272	28,621,272
11		15,878,344	-	4,520,368	1,250,000	10,107,951	1,010,795	9,097,156	10,347,156	63,968,428	38,968,428
12		16,275,302	-	4,749,021	1,250,000	10,276,281	1,027,628	9,248,653	10,488,653	74,467,080	49,467,080
13		16,308,074	-	4,914,879	1,250,000	10,138,165	1,013,817	9,124,349	10,374,349	84,841,429	59,841,429
14		17,099,299	-	5,246,756	1,250,000	10,602,488	1,060,248	9,542,235	10,792,235	95,633,664	70,633,664
15		16,530,884	-	5,308,188	1,250,000	9,972,716	997,272	8,975,445	10,225,445	105,859,109	80,859,109
16		17,964,888	-	5,804,355	1,250,000	10,910,534	1,091,053	9,819,480	11,069,480	116,928,589	91,928,589
17		18,414,010	-	6,108,056	1,250,000	11,055,954	1,105,595	9,950,359	11,200,359	128,128,948	103,128,948
18		18,445,368	-	6,332,834	1,250,000	10,862,564	1,086,256	9,776,308	11,026,308	139,155,256	114,155,256
19		19,346,220	-	6,770,810	1,250,000	11,325,410	1,132,541	10,192,869	11,442,869	150,598,125	125,598,125
20		18,708,178	-	6,865,036	1,250,000	10,988,142	1,098,814	9,529,328	10,779,328	161,377,453	136,377,453

Tabel 4.42 Payback Period Dual Fuel 90:10 B

Tahun	Initial Cost (USD)	Inc. Bruto (USD)	Ocilan Bank (USD)	Qpr. Cost (USD)	Depresiasi (USD)	Inc. Sebelum Pajak	Pajak 10%	Inc. Setelah Pajak	Inc. Netto (USD)	Cum Inc. Netto (USD)	Inv. Yg belum Kembali
0	29,686,250										
1		12,108,800	3,388,364	3,457,080	1,484,313	3,829,048	382,904	3,446,139	4,990,451	4,990,451	-24,755,799
2		12,714,210	3,388,364	3,621,599	1,484,313	4,269,965	426,996	3,842,968	5,327,281	10,257,732	-19,428,518
3		12,735,912	3,388,364	3,779,337	1,484,313	4,133,899	413,390	3,720,509	5,204,821	15,462,553	-14,223,697
4		13,357,898	3,388,364	3,977,889	1,484,313	4,557,334	455,733	4,101,600	5,585,913	21,048,466	-8,637,784
5		12,913,900	3,388,364	4,127,466	1,484,313	3,963,757	396,376	3,567,382	5,051,694	26,100,160	-3,886,090
6		14,094,142	3,388,364	3,549,739	1,484,313	5,661,726	566,173	5,095,554	6,579,866	32,680,027	2,993,777
7		14,381,996	3,388,364	3,723,083	1,484,313	5,889,236	588,924	5,255,312	6,739,625	39,419,651	9,733,401
8		14,409,515	3,388,364	3,846,666	1,484,313	5,740,174	574,017	5,166,157	6,650,469	46,070,121	16,383,871
9		15,113,236	3,388,364	4,069,690	1,484,313	6,190,869	619,087	5,571,782	7,056,095	53,126,215	23,439,965
10		14,610,893	3,388,364	4,140,098	1,484,313	5,648,118	564,812	5,083,306	6,567,619	59,693,834	30,007,584
11		15,878,344	-	4,520,398	1,484,313	9,873,638	987,364	8,886,275	10,370,587	70,064,422	40,378,172
12		16,275,302	-	4,749,021	1,484,313	10,041,968	1,004,197	9,037,771	10,522,084	80,586,505	50,900,255
13		16,308,014	-	4,914,879	1,484,313	9,903,853	990,385	8,913,467	10,397,780	90,984,285	61,298,035
14		17,099,289	-	5,246,756	1,484,313	10,368,171	1,036,817	9,331,354	10,815,666	101,799,952	72,113,702
15		16,530,884	-	5,308,168	1,484,313	9,738,404	973,840	8,764,563	10,248,876	112,048,827	82,362,577
16		17,964,888	-	5,804,335	1,484,313	10,676,221	1,067,622	9,608,599	11,092,912	123,141,739	93,455,489
17		18,414,010	-	6,108,066	1,484,313	10,821,642	1,082,164	9,739,478	11,223,790	134,365,529	104,679,279
18		18,445,398	-	6,332,834	1,484,313	10,628,251	1,062,825	9,565,426	11,049,739	145,415,268	115,729,018
19		19,346,220	-	6,770,810	1,484,313	11,091,098	1,109,110	9,981,988	11,466,300	156,881,568	127,195,318
20		18,708,178	-	6,865,086	1,484,313	10,353,830	1,035,383	9,318,447	10,802,759	167,684,328	137,998,078

Tabel 4.43 Operational Cost Single Fuel

Tahun	Maintenance	Fuel	Logistic	LO	Asuransi	Gaji ABK	Manajemen	Total Cost
1	369,520	4,118,840	120,666	459,669.76	229,590.00	124,860	118,364	5,541,510
2	387,996	4,324,782	126,699	482,653.25	229,590.00	137,346	123,759	5,812,825
3	407,396	4,437,816	130,010	495,268.05	229,590.00	151,081	128,333	5,979,495
4	427,766	4,768,072	139,686	532,125.21	229,590.00	166,189	135,567	6,398,994
5	449,154	4,722,017	138,336	526,985.36	229,590.00	182,808	138,854	6,387,744
6	471,612	5,256,800	154,008	586,668.04	229,590.00	201,088	148,896	7,048,657
7	495,193	5,519,640	161,703	616,001.44	229,590.00	221,197	156,198	7,399,522
8	519,952	5,663,903	165,930	632,101.48	229,590.00	243,317	162,496	7,617,289
9	545,950	6,085,403	178,278	679,141.59	229,590.00	267,648	172,233	8,158,243
10	573,247	6,026,623	176,556	672,581.70	229,590.00	294,413	176,983	8,149,995
11	601,910	6,709,156	196,552	748,753.60	229,590.00	323,855	190,411	9,000,227
12	632,005	7,044,614	206,379	786,191.28	229,590.00	356,240	200,403	9,455,422
13	663,605	7,228,735	211,773	806,739.46	229,590.00	391,864	209,180	9,741,487
14	696,786	7,766,687	227,533	866,775.89	229,590.00	431,051	222,420	10,440,842
15	731,625	7,691,668	225,335	858,403.62	229,590.00	474,156	229,377	10,440,155
16	768,206	8,562,773	250,855	955,620.42	229,590.00	521,571	247,499	11,536,114
17	806,616	8,990,911	263,398	1,003,401.44	229,590.00	573,728	261,334	12,128,979
18	846,947	9,225,901	270,282	1,029,626.70	229,590.00	631,101	273,727	12,507,175
19	889,295	9,912,480	290,396	1,106,250.09	229,590.00	694,211	291,935	13,414,156
20	933,759	9,816,734	287,591	1,095,564.72	229,590.00	763,632	302,255	13,429,126

Tabel 4.44 Operational Cost DF 60:40 A

Tahun	Maintenance	Fuel	Logistic	LO	Asuransi	Gaji ABK	Manajemen	Total Cost
1	461,900	2,208,949.72	120,666	459,669.76	229,590.00	124,860	127,602	3,728,237
2	484,995	2,314,147.21	126,699	482,653.25	229,590.00	137,346	133,458	3,908,889
3	509,245	2,374,630.60	130,010	495,268.05	229,590.00	151,081	138,518	4,028,343
4	534,707	2,551,347.30	139,686	532,125.21	229,590.00	166,189	146,261	4,299,905
5	561,443	2,526,703.60	138,336	526,985.36	229,590.00	182,808	150,083	4,315,948
6	589,515	2,812,860.39	154,003	586,668.04	229,590.00	201,088	160,686	4,734,411
7	618,991	2,953,503.41	161,703	616,001.44	229,590.00	221,197	168,578	4,969,564
8	649,940	3,030,697.25	165,930	632,101.48	229,590.00	243,317	175,495	5,127,070
9	682,437	3,256,237.51	178,278	679,141.59	229,590.00	267,648	185,882	5,479,215
10	716,559	3,224,785.22	176,556	672,581.70	229,590.00	294,413	191,314	5,505,800
11	752,387	3,590,001.86	196,552	748,753.60	229,590.00	323,855	205,459	6,046,597
12	790,006	3,769,501.95	206,379	786,191.28	229,590.00	356,240	216,203	6,354,112
13	829,507	3,868,023.03	211,773	806,739.46	229,590.00	391,864	225,770	6,563,266
14	870,982	4,155,875.90	227,533	866,775.89	229,590.00	431,051	239,840	7,021,647
15	914,531	4,115,733.92	225,335	858,403.62	229,590.00	474,156	247,668	7,065,418
16	960,258	4,581,853.18	250,855	955,620.42	229,590.00	521,571	266,704	7,766,451
17	1,008,271	4,810,945.84	263,398	1,003,401.44	229,590.00	573,728	281,499	8,170,833
18	1,058,684	4,936,686.47	270,282	1,029,626.70	229,590.00	631,101	294,900	8,450,871
19	1,111,618	5,304,067.79	290,396	1,106,250.09	229,590.00	694,211	314,167	9,050,301
20	1,167,199	5,252,885.32	287,591	1,095,564.72	229,590.00	768,632	325,599	9,122,011

Tabel 4.45 Operational Cost DF 60:40 B

Tahun	Maintenance	Fuel	Logistic	LO	Asuransi	Gaji ABK	Manajemen	Total Cost
1	461,900	2,203,949.72	120,666	459,669.76	276,413.13	124,860	132,284	3,779,743
2	484,995	2,314,147.21	126,889	482,653.25	276,413.13	137,346	138,141	3,960,395
3	509,245	2,374,630.60	130,010	495,268.05	276,413.13	151,081	143,201	4,079,849
4	534,707	2,551,347.30	139,686	532,125.21	276,413.13	166,189	150,943	4,351,411
5	561,443	2,526,708.60	138,336	526,985.36	276,413.13	182,808	154,765	4,367,454
6	589,515	2,812,860.39	154,003	586,668.04	276,413.13	201,088	165,368	4,785,916
7	618,991	2,953,508.41	161,703	616,001.44	276,413.13	221,197	173,260	5,021,069
8	649,940	3,080,697.25	165,980	632,101.48	276,413.13	243,317	180,177	5,178,576
9	682,437	3,256,237.51	178,278	679,141.59	276,413.13	267,648	190,564	5,530,720
10	716,559	3,224,785.22	176,556	672,581.70	276,413.13	294,413	195,997	5,557,305
11	752,387	3,590,001.86	196,552	748,753.60	276,413.13	323,855	210,141	6,098,103
12	790,006	3,769,501.95	206,379	786,191.28	276,413.13	356,240	220,885	6,405,617
13	829,507	3,868,023.08	211,773	806,739.46	276,413.13	391,864	230,452	6,614,772
14	870,982	4,155,875.90	227,533	866,775.89	276,413.13	431,051	244,522	7,073,153
15	914,531	4,115,733.92	225,335	858,403.62	276,413.13	474,156	252,350	7,116,923
16	960,258	4,581,853.18	250,855	955,620.42	276,413.13	521,571	271,386	7,817,957
17	1,008,271	4,810,945.84	263,398	1,003,401.44	276,413.13	573,728	286,181	8,222,338
18	1,058,684	4,986,685.47	270,282	1,029,626.70	276,413.13	631,101	299,583	8,502,376
19	1,111,618	5,304,067.79	290,396	1,106,250.09	276,413.13	694,211	318,849	9,101,806
20	1,167,199	5,252,835.32	287,591	1,095,564.72	276,413.13	763,632	330,281	9,173,517

Tabel 4.46 Operational Cost DF 70:30 A

Tahun	Maintenance	Fuel	Logistic	LO	Asuransi	Gaji ABK	Manajemen	Total Cost
1	461,900	1,881,287.34	120,666	459,669.76	229,590.00	124,860	127,602	3,405,575
2	484,995	1,975,351.70	126,699	482,653.25	229,590.00	137,346	133,458	3,570,094
3	509,245	2,074,119.29	130,010	495,268.05	229,590.00	151,081	138,518	3,727,832
4	534,707	2,177,825.25	139,686	532,125.21	229,590.00	166,189	146,261	3,926,383
5	561,443	2,286,716.52	138,336	526,985.36	229,590.00	182,808	150,083	4,075,961
6	589,515	2,401,052.34	154,003	586,668.04	229,590.00	201,088	160,686	4,322,603
7	618,991	2,521,104.96	161,703	616,001.44	229,590.00	221,197	168,578	4,537,166
8	649,940	2,647,160.21	165,930	632,101.48	229,590.00	243,317	175,495	4,743,533
9	682,437	2,779,518.22	178,278	679,141.59	229,590.00	267,648	185,882	5,002,495
10	716,559	2,918,494.13	176,556	672,581.70	229,590.00	294,413	191,314	5,199,509
11	752,387	3,064,418.84	196,552	748,753.60	229,590.00	323,855	205,459	5,521,014
12	790,006	3,217,639.78	206,379	786,191.28	229,590.00	356,240	216,203	5,802,249
13	829,507	3,378,521.77	211,773	806,739.46	229,590.00	391,864	225,770	6,073,765
14	870,982	3,547,447.85	227,533	866,775.89	229,590.00	431,051	239,840	6,413,219
15	914,531	3,724,820.25	225,335	858,403.62	229,590.00	474,156	247,668	6,674,504
16	960,258	3,911,061.26	250,855	955,620.42	229,590.00	521,571	266,704	7,095,660
17	1,008,271	4,106,614.32	263,398	1,003,401.44	229,590.00	573,728	281,499	7,466,502
18	1,058,684	4,311,945.04	270,282	1,029,626.70	229,590.00	631,101	294,900	7,826,129
19	1,111,618	4,527,542.29	290,396	1,106,250.09	229,590.00	694,211	314,167	8,273,775
20	1,167,199	4,753,919.41	287,591	1,095,564.72	229,590.00	763,632	325,599	8,623,095

Tabel 4.47 Operational Cost DF 70:30 B

Tahun	Maintenance	Fuel	FW	LO	Asuransi	Gaji ABK	Manajemen	Total Cost
1	461,900	1,881,287.34	120,666	459,669.76	276,413.13	124,860	132,284	3,457,080
2	484,995	1,975,351.70	126,669	482,653.25	276,413.13	137,346	138,141	3,621,599
3	509,245	2,074,119.29	130,010	495,268.05	276,413.13	151,081	143,201	3,779,337
4	534,707	2,177,825.25	139,686	532,125.21	276,413.13	166,189	150,943	3,977,889
5	561,443	2,286,716.52	138,336	526,985.36	276,413.13	182,808	154,765	4,127,466
6	589,515	2,401,052.34	154,003	586,668.04	276,413.13	201,088	166,368	4,374,108
7	618,991	2,521,104.96	161,703	616,001.44	276,413.13	221,197	173,260	4,588,671
8	649,940	2,647,160.21	166,980	632,101.48	276,413.13	243,317	180,177	4,795,039
9	682,487	2,779,518.22	178,278	679,141.59	276,413.13	267,648	190,564	5,054,001
10	716,559	2,918,494.13	176,556	672,581.70	276,413.13	294,413	196,997	5,251,014
11	752,387	3,064,418.84	196,552	748,753.60	276,413.13	323,855	210,141	5,572,520
12	790,006	3,217,639.78	206,379	786,191.28	276,413.13	356,240	220,885	5,853,755
13	829,507	3,378,521.77	211,773	806,739.46	276,413.13	391,864	230,452	6,125,271
14	870,982	3,547,447.85	227,533	866,775.89	276,413.13	431,051	244,522	6,464,725
15	914,531	3,724,820.25	225,335	858,408.62	276,413.13	474,156	252,350	6,726,009
16	960,258	3,911,061.26	250,855	955,620.42	276,413.13	521,571	271,386	7,147,165
17	1,008,271	4,106,614.32	263,398	1,003,401.44	276,413.13	573,728	286,181	7,518,007
18	1,058,684	4,311,945.04	270,282	1,029,626.70	276,413.13	631,101	299,583	7,877,635
19	1,111,618	4,527,542.29	290,396	1,106,250.09	276,413.13	694,211	318,849	8,325,280
20	1,167,199	4,753,919.41	287,591	1,095,564.72	276,413.13	763,632	330,281	8,674,601

Tabel 4.48 Operational Cost DF 80:20 A

Tahun	Maintenance	Fuel	Logistic	LO	Asuransi	Gaji ABK	Manajemen	Total Cost
1	461,900	1,558,624.95	120,666	459,669.76	229,590.00	124,860	127,602	3,082,913
2	484,995	1,686,556.20	126,699	482,653.25	229,590.00	137,346	133,458	3,231,298
3	509,245	1,679,329.88	130,010	495,268.05	229,590.00	151,081	138,518	3,333,042
4	534,707	1,804,303.21	139,686	532,125.21	229,590.00	166,189	146,261	3,552,861
5	561,443	1,786,875.28	138,336	526,985.36	229,590.00	182,808	150,083	3,576,120
6	589,515	1,989,244.29	154,003	586,668.04	229,590.00	201,088	160,686	3,910,795
7	618,991	2,088,705.51	161,703	616,001.44	229,590.00	221,197	168,578	4,104,767
8	649,940	2,143,297.70	165,980	632,101.48	229,590.00	243,317	175,495	4,239,671
9	682,437	2,302,798.92	178,278	679,141.59	229,590.00	267,648	185,882	4,525,776
10	716,559	2,280,555.98	176,556	672,581.70	229,590.00	294,413	191,314	4,561,571
11	752,387	2,538,835.81	196,552	748,753.60	229,590.00	323,855	205,459	4,995,431
12	790,006	2,665,777.60	206,379	786,191.28	229,590.00	356,240	216,203	5,250,387
13	829,507	2,735,451.34	211,773	806,739.46	229,590.00	391,864	225,770	5,430,695
14	870,982	2,939,019.81	227,533	866,775.89	229,590.00	431,051	239,840	5,804,791
15	914,531	2,910,631.55	225,385	858,403.62	229,590.00	474,156	247,668	5,860,315
16	960,258	3,240,269.34	230,855	955,620.42	229,590.00	521,571	266,704	6,424,868
17	1,008,271	3,402,282.80	263,398	1,003,401.44	229,590.00	573,728	281,499	6,762,170
18	1,058,684	3,491,205.10	270,282	1,029,626.70	229,590.00	631,101	294,900	7,005,390
19	1,111,618	3,751,016.79	290,396	1,106,250.09	229,590.00	694,211	314,167	7,497,250
20	1,167,199	3,714,785.38	287,591	1,095,564.72	229,590.00	763,632	325,599	7,583,961

Tabel 4.49 Operational Cost DF 80:20 B

Tahun	Maintenance	Fuel	Logistic	LO	Asuransi	Gaji ABK	Manajemen	Total Cost
1	461,900	1,558,624.95	120,666	459,669.76	276,413.13	124,860	132,284	3,134,418
2	484,995	1,636,556.20	126,809	482,653.25	276,413.13	137,346	138,141	3,282,804
3	509,245	1,679,329.83	130,010	495,268.05	276,413.13	151,081	143,201	3,384,548
4	534,707	1,804,303.21	139,686	532,125.21	276,413.13	166,189	150,943	3,604,367
5	561,443	1,786,875.28	138,336	526,985.36	276,413.13	182,808	154,765	3,627,625
6	589,515	1,989,244.29	154,003	586,668.04	276,413.13	201,088	165,368	3,962,300
7	618,991	2,088,706.51	161,703	616,001.44	276,413.13	221,197	173,260	4,156,272
8	649,940	2,143,297.70	165,980	632,101.48	276,413.13	243,317	180,177	4,291,176
9	682,437	2,302,798.92	178,278	679,141.59	276,413.13	267,648	190,564	4,577,281
10	716,559	2,280,555.98	176,556	672,581.70	276,413.13	294,413	195,997	4,613,076
11	752,387	2,538,835.81	196,552	748,753.60	276,413.13	323,855	210,141	5,046,937
12	790,006	2,665,777.60	206,379	786,191.28	276,413.13	356,240	220,885	5,301,893
13	829,507	2,735,451.34	211,773	806,739.46	276,413.13	391,864	230,452	5,482,200
14	870,982	2,939,019.81	227,533	866,775.89	276,413.13	431,051	244,522	5,856,297
15	914,531	2,910,631.55	225,335	858,403.62	276,413.13	474,156	252,350	5,911,821
16	960,258	3,240,269.34	250,855	955,620.42	276,413.13	521,571	271,386	6,476,373
17	1,008,271	3,402,282.80	263,398	1,003,401.44	276,413.13	573,728	286,181	6,813,675
18	1,058,684	3,491,205.10	270,282	1,029,626.70	276,413.13	631,101	299,583	7,056,896
19	1,111,618	3,751,016.79	290,396	1,106,250.09	276,413.13	694,211	318,849	7,548,755
20	1,167,199	3,714,785.38	287,591	1,095,564.72	276,413.13	763,632	330,281	7,635,467

Tabel 4.50 Operational Cost DF 90:10 A

Tahun	Maintenance	Fuel	Logistic	LO	Asuransi	Gaji ABK	Manajemen	Total Cost
1	461,900	1,235,372.58	120,666	459,669.76	229,590.00	124,860	127,602	2,759,660
2	484,995	1,297,141.21	126,699	482,653.25	229,590.00	137,346	133,458	2,891,883
3	509,245	1,331,043.77	130,010	495,268.05	229,590.00	151,081	138,518	2,984,756
4	534,707	1,430,098.19	139,686	532,125.21	229,590.00	166,189	146,261	3,178,656
5	561,443	1,416,284.74	138,336	526,985.36	229,590.00	182,808	150,083	3,205,529
6	589,515	1,576,683.25	154,003	586,668.04	229,590.00	201,088	160,686	3,498,234
7	618,991	1,655,517.41	161,703	616,001.44	229,590.00	221,197	168,578	3,671,578
8	649,940	1,698,786.62	165,980	632,101.48	229,590.00	243,317	175,495	3,795,160
9	682,437	1,825,207.96	178,278	679,141.59	229,590.00	267,648	185,882	4,048,185
10	716,559	1,807,578.10	176,556	672,581.70	229,590.00	294,413	191,314	4,088,593
11	752,387	2,012,291.76	196,552	748,753.60	229,590.00	323,855	205,459	4,468,887
12	790,006	2,112,906.35	206,379	786,191.28	229,590.00	356,240	216,203	4,697,516
13	829,507	2,168,130.04	211,773	806,739.46	229,590.00	391,864	225,770	4,863,373
14	870,982	2,329,479.25	227,533	866,775.89	229,590.00	431,051	239,840	5,195,251
15	914,531	2,306,978.60	225,385	858,403.62	229,590.00	474,156	247,668	5,256,662
16	960,258	2,568,250.87	250,855	955,620.42	229,590.00	521,571	266,704	5,752,849
17	1,008,271	2,696,663.42	263,398	1,003,401.44	229,590.00	573,728	281,499	6,056,551
18	1,058,684	2,767,144.39	270,282	1,029,626.70	229,590.00	631,101	294,900	6,281,329
19	1,111,618	2,973,071.42	290,396	1,106,250.09	229,590.00	694,211	314,167	6,719,304
20	1,167,199	2,944,354.25	287,591	1,095,564.72	229,590.00	763,632	325,599	6,813,530

Tabel 4.51 Operational Cost DF 90:10 B

Tahun	Maintenance	Fuel	Logistic	LO	Asuransi	Gaji ABK	Manajemen	Total Cost
1	461,900	1,235,372.58	120,666	459,669.76	276,413.13	124,860	132,284	2,811,166
2	484,995	1,297,141.21	126,899	482,653.25	276,413.13	137,346	138,141	2,943,389
3	509,245	1,331,043.77	130,010	495,268.05	276,413.13	151,081	143,201	3,036,262
4	534,707	1,430,098.19	139,686	532,125.21	276,413.13	166,189	150,943	3,230,162
5	561,443	1,416,284.74	138,336	526,985.36	276,413.13	182,808	154,765	3,257,035
6	589,515	1,576,683.25	154,003	586,668.04	276,413.13	201,088	165,368	3,549,739
7	618,991	1,655,517.41	161,703	616,001.44	276,413.13	221,197	173,260	3,723,083
8	649,940	1,698,786.62	165,980	632,101.48	276,413.13	243,317	180,177	3,846,665
9	682,437	1,825,207.95	178,278	679,141.59	276,413.13	267,648	190,564	4,099,690
10	716,559	1,807,578.10	176,556	672,581.70	276,413.13	294,413	195,997	4,140,098
11	752,387	2,012,291.76	196,552	748,753.60	276,413.13	323,855	210,141	4,520,393
12	790,006	2,112,906.35	206,379	786,191.28	276,413.13	356,240	220,885	4,749,021
13	829,507	2,168,130.04	211,773	806,739.46	276,413.13	391,864	230,452	4,914,879
14	870,982	2,329,479.25	227,533	866,775.89	276,413.13	431,051	244,522	5,246,756
15	914,531	2,306,978.60	225,335	858,403.62	276,413.13	474,156	252,350	5,308,168
16	960,258	2,568,250.87	250,855	955,620.42	276,413.13	521,571	271,386	5,804,355
17	1,008,271	2,696,663.42	263,398	1,003,401.44	276,413.13	573,728	286,181	6,108,056
18	1,058,684	2,767,144.39	270,282	1,029,626.70	276,413.13	631,101	299,583	6,332,834
19	1,111,618	2,973,071.42	290,396	1,106,250.09	276,413.13	694,211	318,849	6,770,810
20	1,167,199	2,944,354.25	287,591	1,095,564.72	276,413.13	763,632	330,281	6,865,036

NOTES :

- A: INERT GAS, DISAPPLY DARI INERT GAS GENERATOR
B: TYPE GUV ENCLOSURE
C: COULD BOX, SATU PACKAGE DENGAN LAG PAC

DOUBLE WALLED PIPE, 304L OR EQUAL

ITEM LIST

NO	SYMBOL	DESCRIPTION	PRESSURE	STD. QTY
1		NON-RETURN VALVE	OK	2 Pcs
2		SAFETY VALVE	OK	4 Pcs
3		GATE NON-RETURN VALVE	OK	6 Pcs
4		GATE VALVE	OK	2 Pcs
5		DIAPHRAGM VALVE	OK	1 Pcs
6		VAPORIZER	OK	2 Pcs

LNG PAC VERTICAL DIMENSION:

Cold Box: 23m
Height: 3m
LNG PAC length: 66m
Overall length: 113m
LNG PAC cap: 2x 5000

VENDOR SUPPLY:

LNG PAC INCLUDE WITH COOLBOX
BUNKERING SYSTEM
GAS VALVE UNIT GUV

TITLE :

PIPING DIAGRAM
LNG SUPPLY SYSTEM
CONTAINER 368 TEU

SCALE

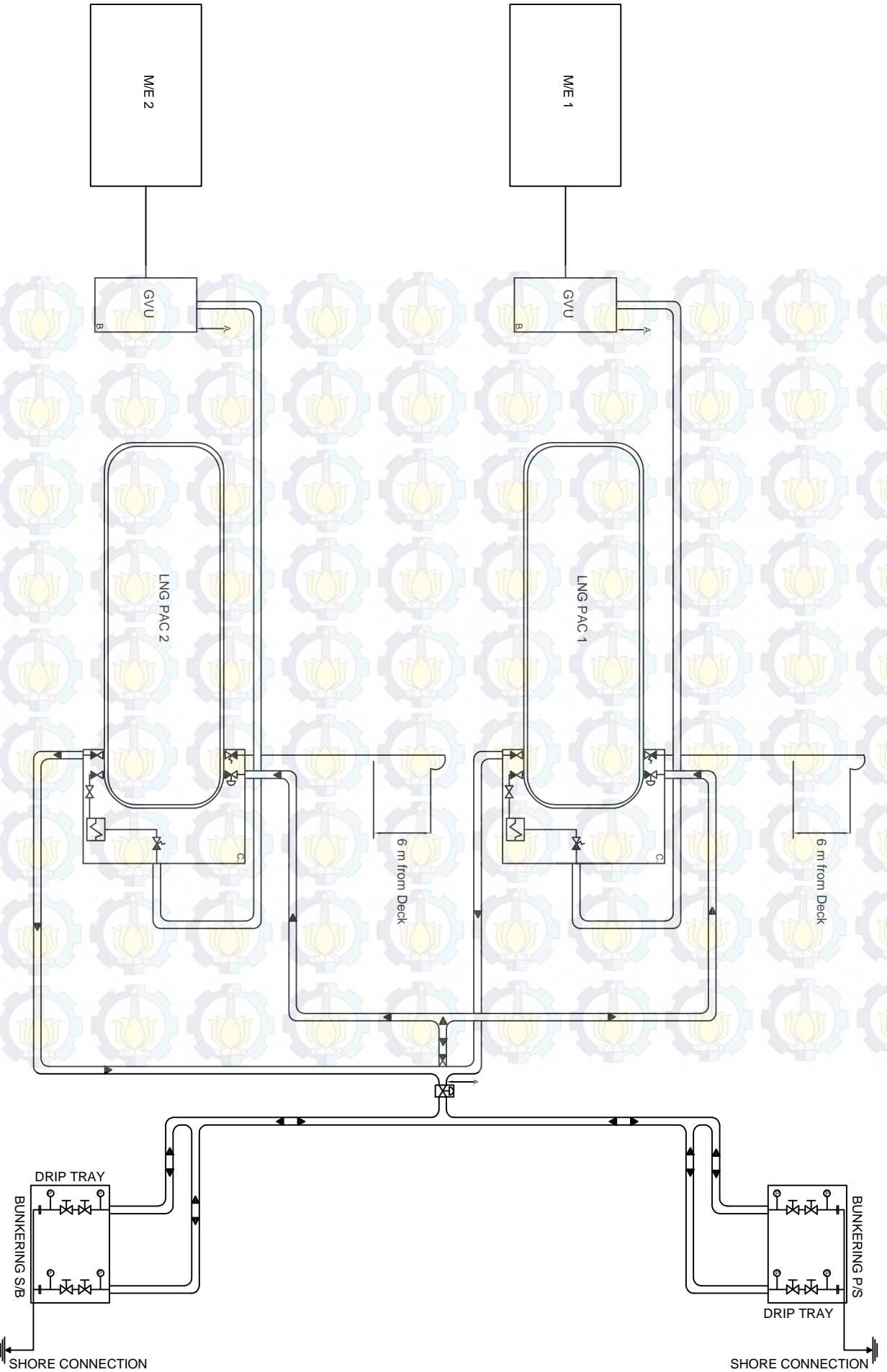
NONE

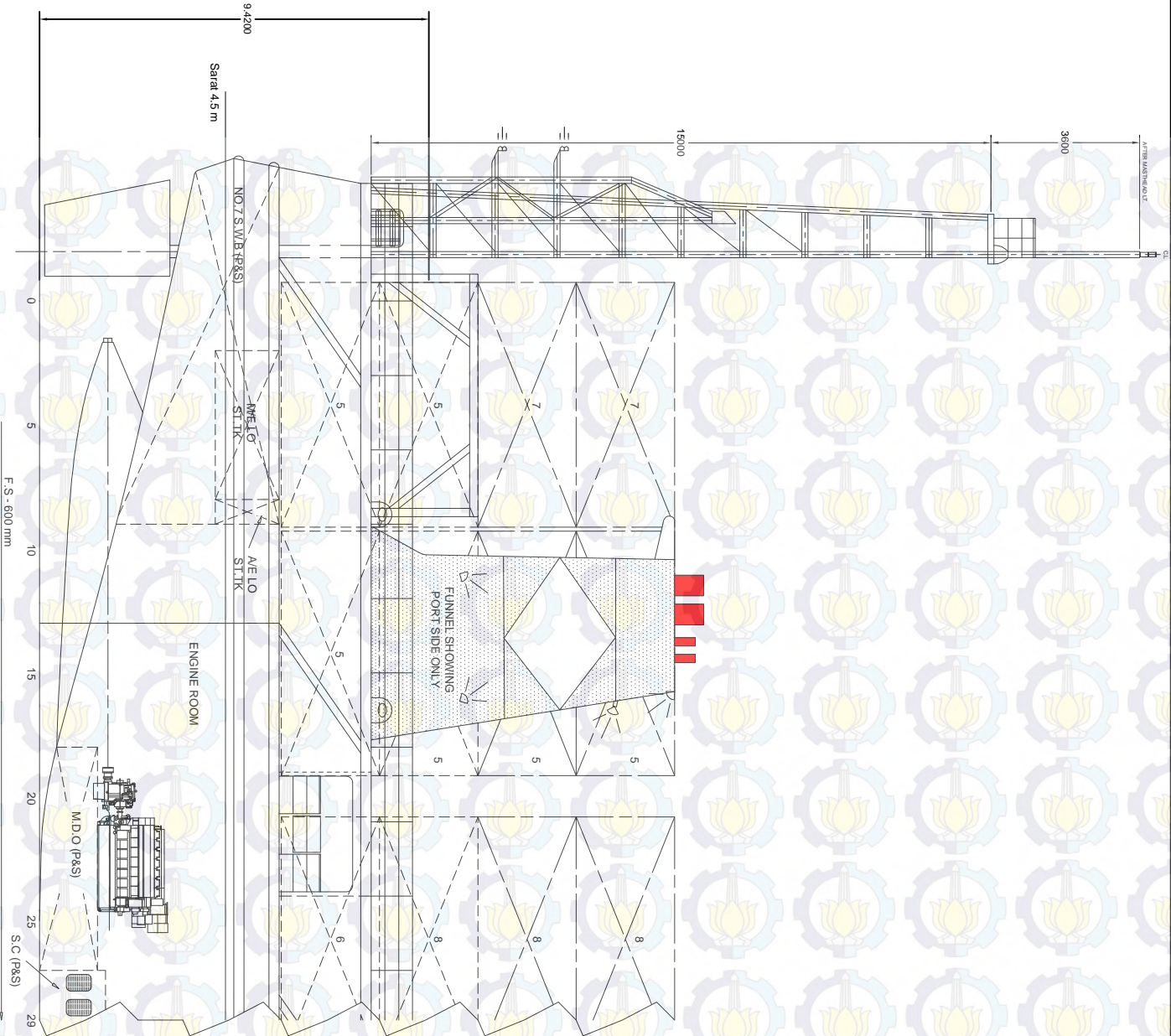
DRAWING BY:

MARTOZ FITRA H PAGE

PAGE

1 OF 1





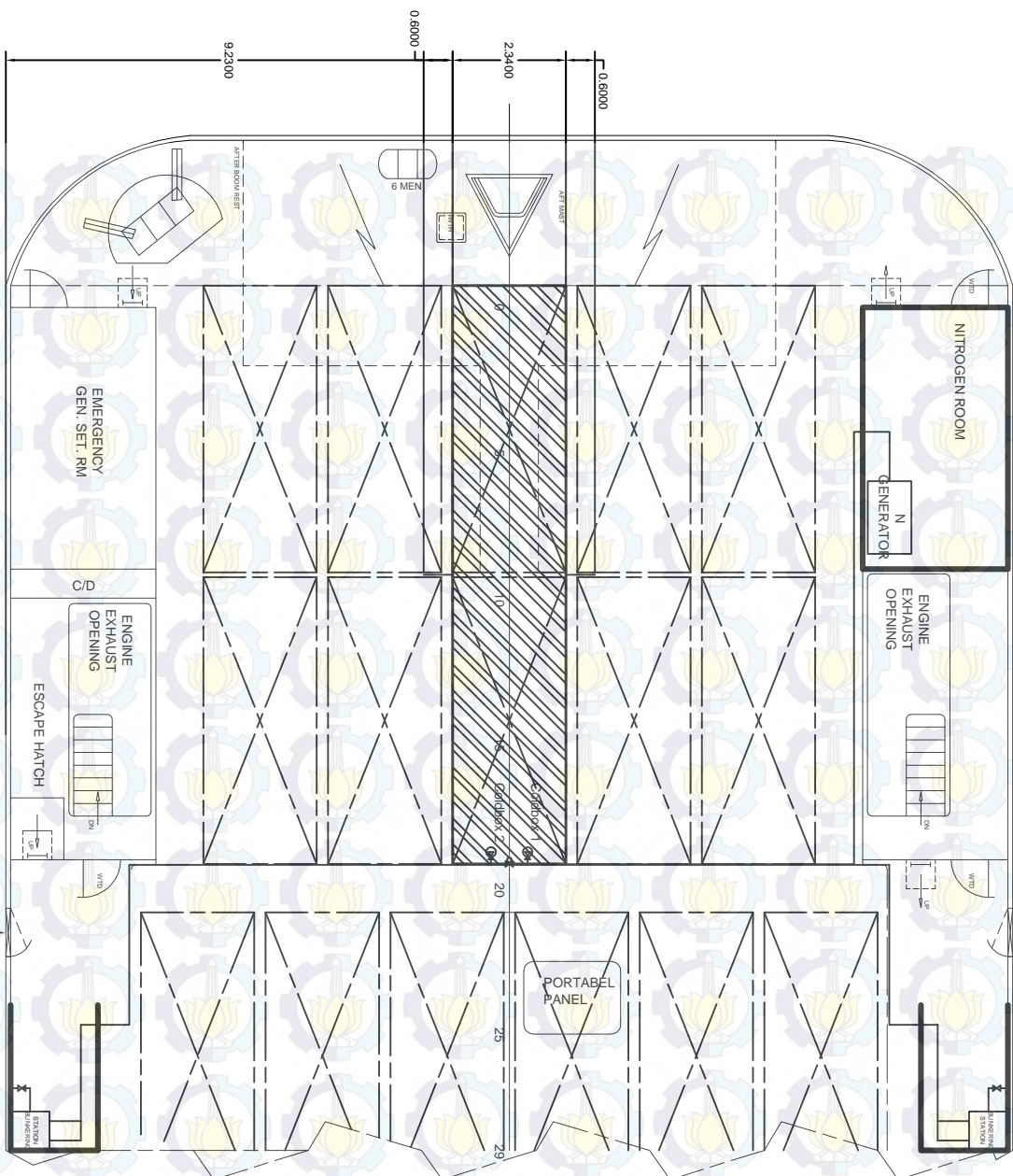
TITLE :

PIPING ARRANGEMENT
LNG SUPPLY SYSTEM
CONTAINER 368 TEU

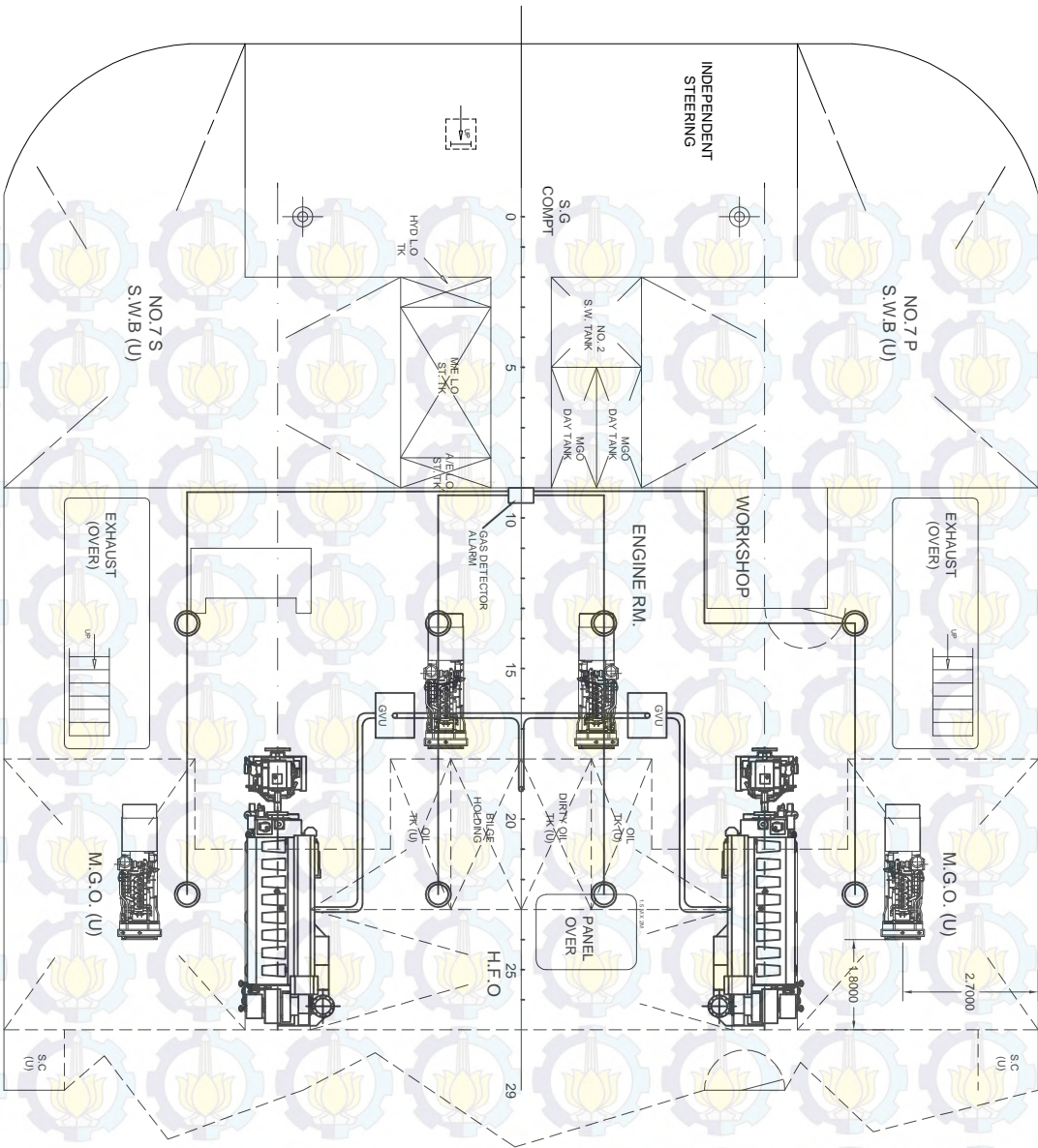
SCALE
NONE

DRAWING BY:
MAZDA TITRA H

PAGE
1 OF 3



PRINCIPAL PARTICULAR	
LENGTH O.A	106.68 m
LENGTH W.L	101.30 m @ 4.5m
LENGTH B.P	99.1 m
BEAM W.D	20.6 m
DEPTH W.D	5.8 m
DRAFT SCANTLING	4.215 m
DRAFT ASSIGNED	15 MEN + 1 SPARE
CONTAINERS	368 TEU (MAXIMUM)

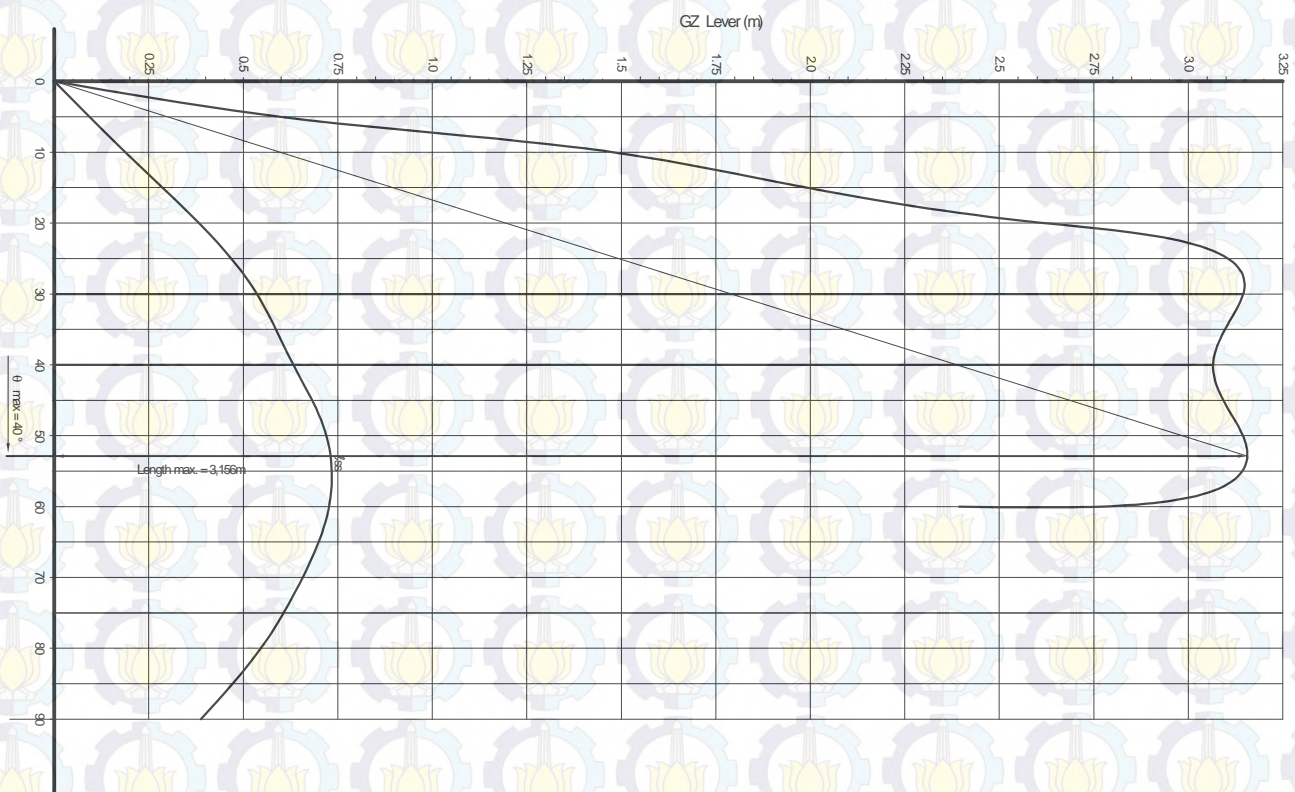


TITLE :

PIPING ARRANGEMENT
LNG SUPPLY SYSTEM
CONTAINER 368 TEU

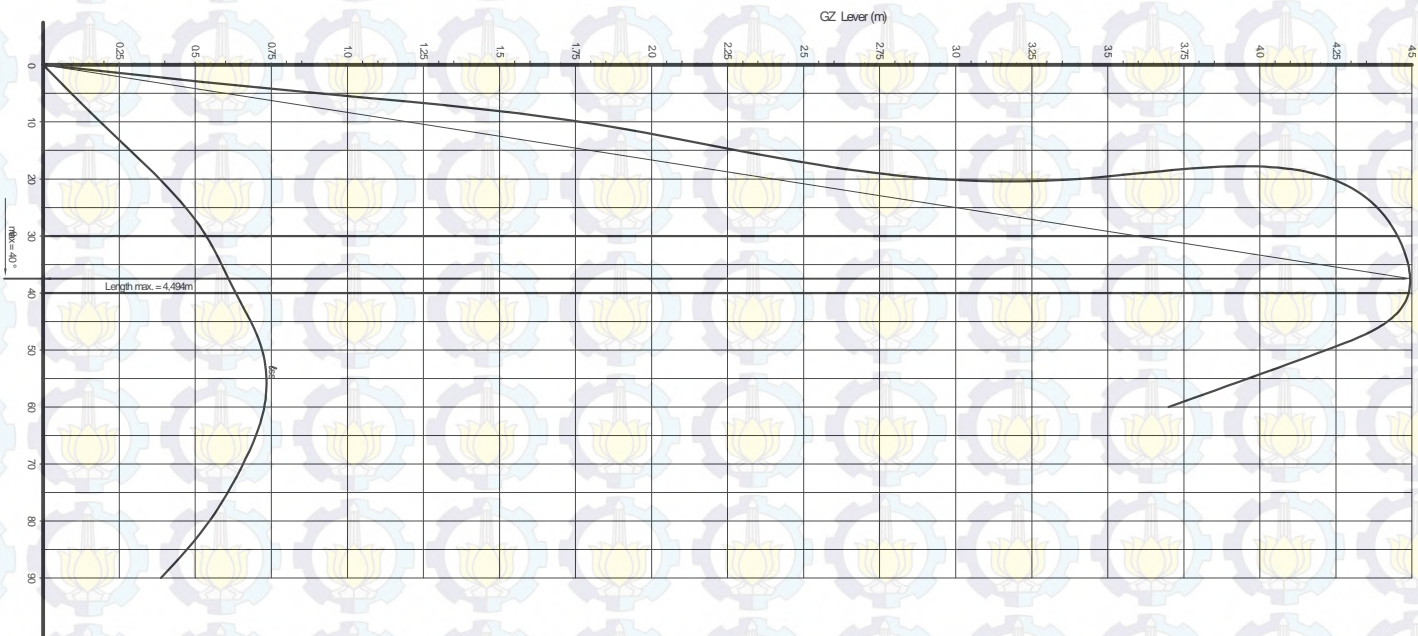
SCALE NONE
DRAWING BY: M.RIZQI FITRA H

PAGE 3 OF 3

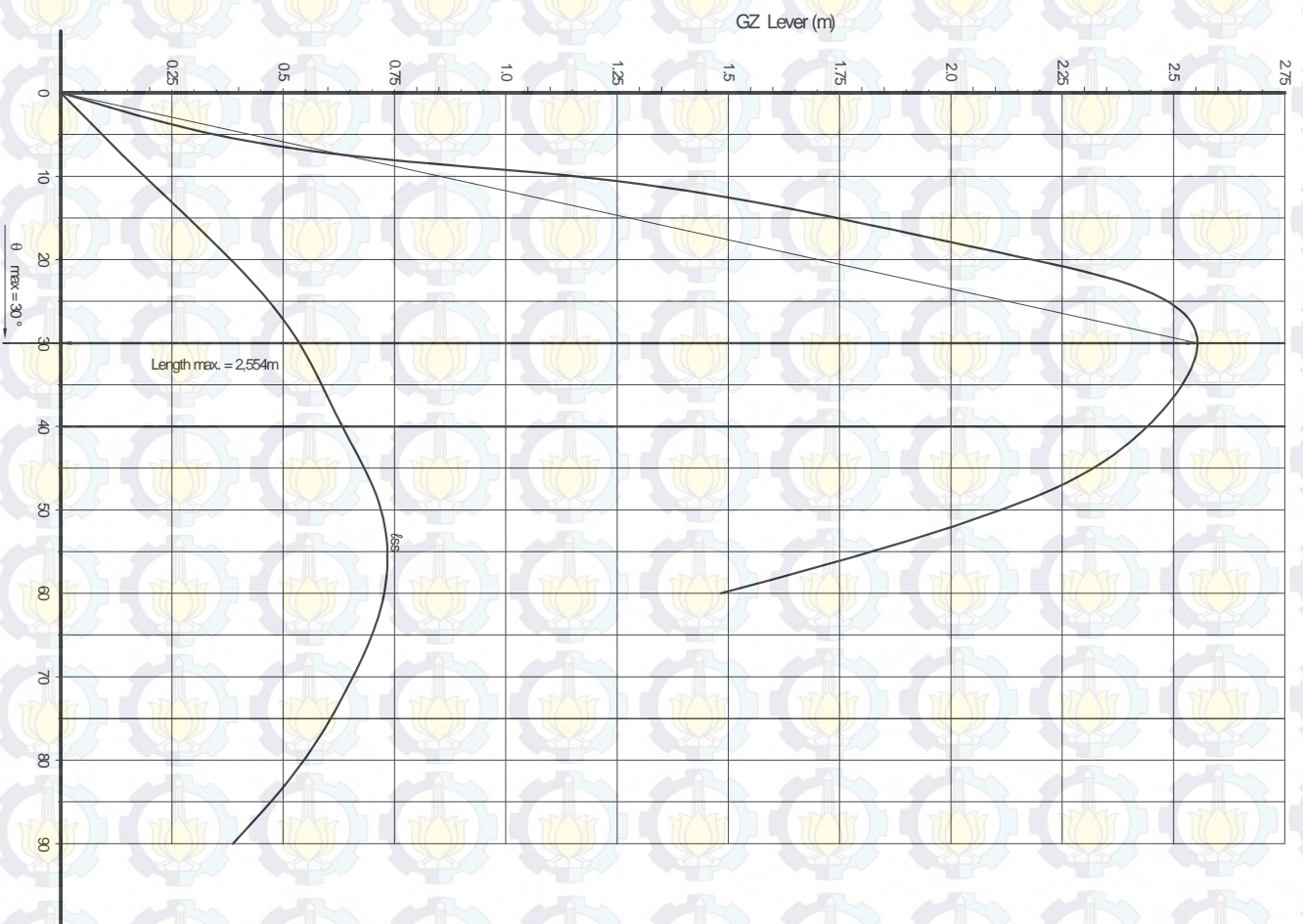


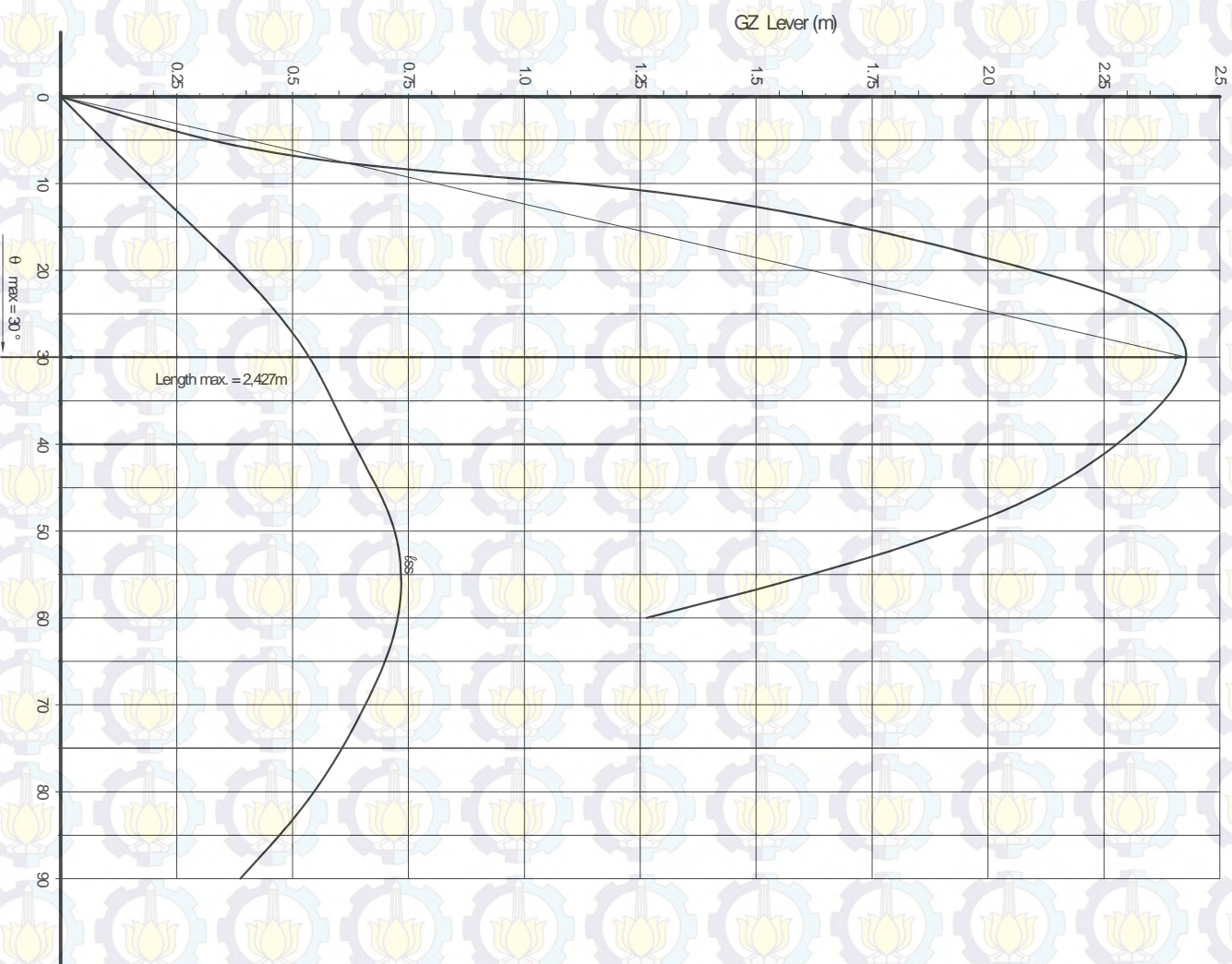
CONDITION 1: BALLAST BAHAN BAKAR PENUH

CONDITION 2 BALLAST BAKAR 10%



CONDITION 3 : CONTAINER PENUH, BAHAN BAKAR PENUH





CONDITION 4: CONTAINER PENUH, BAHAN BAKAR 10%

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Tabel 4.27 NPV Single Fuel
- Lampiran 2. Tabel 4.28 NPV Dual Fuel 70:30 A
- Lampiran 3. Tabel 4.29 NPV Dual Fuel 70:30 B
- Lampiran 4. Tabel 4.30 NPV Dual Fuel 60:40 A
- Lampiran 5. Tabel 4.32 NPV Dual Fuel 60:40 B
- Lampiran 6. Tabel 4.33 NPV Dual Fuel 80:20 A
- Lampiran 7. Tabel 4.35 Payback Period Single Fuel
- Lampiran 8. Tabel 4.36 Payback Period Dual Fuel 60:40 A
- Lampiran 9. Tabel 4.37 Payback Period Dual Fuel 60:40 B
- Lampiran 10. Tabel 4.37 Payback Period Dual Fuel 70:30 A
- Lampiran 11. Tabel 4.38 Payback Period Dual Fuel 70:30 B
- Lampiran 12. Tabel 4.39 Payback Period Dual Fuel 80:20 A
- Lampiran 13. Tabel 4.40 Payback Period Dual Fuel 80:20 B
- Lampiran 14. Tabel 4.41 Payback Period Dual Fuel 90:10 A
- Lampiran 15. Tabel 4.42 Payback Period Dual Fuel 90:10 B
- Lampiran 16. Tabel 4.43 Operational Cost Single Fuel
- Lampiran 17. Tabel 4.44 Operational Cost DF 60:40 A
- Lampiran 18. Tabel 4.45 Operational Cost DF 60:40 B
- Lampiran 19. Tabel 4.46 Operational Cost DF 70:30 A
- Lampiran 20. Tabel 4.47 Operational Cost DF 70:30 B
- Lampiran 21. Tabel 4.48 Operational Cost DF 80:20 A
- Lampiran 22. Tabel 4.49 Operational Cost DF 80:20 B
- Lampiran 23. Tabel 4.50 Operational Cost DF 90:10 A
- Lampiran 24. Tabel 4.51 Operational Cost DF 90:10 B
- Lampiran 25. Gambar Piping Diagram LNG Supply
- Lampiran 26. Gambar Piping Arrangement
- Lampiran 27. Gambar Kurva Stabilitas Kondisi Ballast Bahan Bakar Penuh
- Lampiran 28. Gambar Kurva Stabilitas Kondisi Ballast Bahan Bakar 10%
- Lampiran 29. Gambar Kurva Stabilitas Kondisi Full Container Bahan Bakar Penuh
- Lampiran 30. Gambar Kurva Stabilitas Kondisi Full Container Bahan Bakar 10%

DAFTAR PUSTAKA

- Anna lee deal, *Liquefied Natural gas as a marine fuel a coser look at TOTE's LNG container ship projects*, NEPI paper, 2013
- Alexander harsena, mensionides, *Dual Fuel Electric Propulsion Systems in LNG Shipping*, MPT consultancy 2011
- Arteconi A, C. Brandoni, D. Evangelista, and F. Polonara (2010). *Life-Cycle Greenhouse Gas Analysis of LNG as a Heavy Vehicle Fuel in Europe*, Applied Energy, Vol. 87, 2005–2013
- Ariffah, F, *Tinjauan Teknis Ekonomis pemakaian dual fuel pada Tug Boat PT. Pelabuhan Indonesia II*, 2014
- Dani Appave, *the ILO's Maritime Labour Convention Asia/Pacific Cooperation*, 2006.
- D.G.M Watson, *Practical Ship Design Volume I*, 1998
- Daniel Delgado, *Feasibility of Dual Fuel Engines in short sea shipping lines*, Universitat Politècnica de Catalunya, 2012
- Guidelines for the use of a gas as fuel for ships, BKI vol. 24 , 2013
- Guðrún Jóna Jónsdóttir, *LNG as ship fuel in Iceland*, Master of Science in Construction Management, 2013
- Harry Benford, *The practical application of economics merchant ship design*, Journal of Marine Technology, Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1967
- J.E Sinor, *Comparison of CNG, and LNG technologies for Transportation Applications*, Nationa Renewable Energy Laboratory, 1992
- Jerry herdzik, *LNG as a marine fuel possibilities and problems*, Journal of KONES powertrain and transport, 2011
- J warnatz, U maas, R.W. Dibble, Book *Combustion physical and chemical fundamentals, modeling and simulation, experiments, pollutant information* 3rd edition
- Md ehsan, Shafiquzzaman bhuiyan, *Dual Fuel Performance of a Small Diesel Engine for Applications with Less Frequent Load Variations*, International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering IJMME-IJENS Vol:09 No:10, 2009

M.mbarawa, B.E. milton, *An Examination of the Maximum Possible Natural Gas Substitution for Diesel Fuel in a Direct Injected Diesel Engine*, R & D Journal, 2005

M. Yamin Jinca, *Transportasi Laut Indonesia*, cetakan ke-1 Agustus 2011

Park, S.C. *Fundamentals of Engineering Economics*, 2nd edition Pearson Education, Cranbury Township, NJ, 2008

Puji Dhian W, *Rancang Bangun Sistem Penginjeksian Gas Pada Modifikasi Dual Fuel Diesel Engine*, 2014

Talus park, *Dual Fuel Conversion of a Direct Injection Diesel Engine*, 1999

US Environmental Protection Agency, <http://www.epa.gov.com>

Vladimiri Potopov, *DF integrated propulsion system, and LNGpac, technical development, benefit, and operational experience*, 2012

Wartsilla, LNG Pac, 2010

Wartsilla, LNG conversion for marine installation, 2012

Yusaf, Talal F., Al-Atabi, Mushtak Talib Ali., Buttsworth, D, *Engine Performance and Exhaust Gas Emissions Characteristics of (CND/Diesel) Dual-Fuel Engine*, Society of Automotive Engineers Paper No., 2001-01-1808, 2001

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama M. Rizqi Fitra H, lahir di Gresik pada tanggal 16 Mei 1988. Merupakan anak ketiga dari empat bersaudara yang lahir dari pasangan Bapak Malkan dan Ibu Anisah Fitri. Jenjang pendidikan penulis adalah sebagai berikut: Tamat SDN Sidomoro 03 di Gresik pada tahun 2000, lulus dari SLTP N 1 di Gresik pada tahun 2003, lulus dari SMU Negeri 1 Gresik pada tahun 2006 di Gresik, kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan dan lulus pada tahun 2011. Setelah menyelesaikan pendidikan penulis bekerja sebagai konsultan perencanaan kapal dari Tahun 2011. Pada tahun 2013 penulis mendapat beasiswa BPPDN untuk melanjutkan pendidikan jenjang magister di Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada Fakultas Teknologi Kelautan, program studi Teknik Sistem dan Pengendalian Kelautan.

M. Rizqi Fitra H
Mahasiswa Teknik Sistem dan Pengendalian Kelautan
Program Pascasarjana Teknologi Kelautan
e-mail : rizqi.fitra.hariadi@gmail.com